LA ELECTRONICA EN LA INDUSTRIA (y II)

NUEVAS TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA





BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

LA ELECTRONICA EN LA INDUSTRIA (y II)



Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-557-7 (Título completo)
ISBN 84-7634-559-3 (Vol. II)
D.L.: B. 7873-1986

Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

La Electrónica en la Industria (y II)

TEMPORIZADORES ELECTRONICOS INDUSTRIALES

Dado que más adelante se tratará casi de forma exclusiva la problemática de la temporización se van a exponer en este apartado únicamente los conceptos básicos de los temporizadores.

Son aparatos que equipan un sistema de relojería que les permite proporcionar señales a tiempos prefijados sistemáticamente y se utilizan para maniobrar cualquier tipo de proceso industrial.

Esta definición es absolutamente genérica y convendrá aclarar que el sistema de relojería no tiene que ser necesariamente mecánico, es más, en los casos que nos ocupan son electrónicos.



El control de los procesos industriales (química, cemento, automóvil, alimentación, etc.), tiende a centralizarse en puestos informatizados. A través de cada uno de los terminales pueden conocerse todos los parámetros del proceso y/o modificarlos según convenga.

Habitualmente, la señal proporcionada por un temporizador acciona un relé, contactor o etapa de potencia, por lo que deberá disponer o permitir adaptar una etapa de salida capaz de accionar estos dispositivos.

Desde una simple etapa de temporización básica como es la resistencia-condensador (RC), hasta los complejos temporizadores digitales a preselección numérica, el avance tecnológico que ha permitido esta evolución ha sido enorme, y, debido a la proliferación y bajo coste de los dispositivos y circuitos integrados digitales, en la actualidad una gran parte de los temporizadores industriales son de tipo digital, con lo que su alta precisión y facilidad de preselección, han permitido temporizar procesos complejos con una gran simplicidad.

En un temporizador digital un oscilador interno (de cuarzo, si se desea una precisión elevada) genera impulsos que son registrados por un contador. Este contador está preseleccionado de forma que cuando el número de impulsos generados por el oscilador y recogidos por el contador alcanza un valor previsto, se genera un impulso y se rearma el contador a cero, proporcionando un nuevo ciclo de temporización.

Generalmente, para efectuar maniobras complejas se utiliza la combinación de diferentes etapas de temporización. La sofisticación de los temporizadores digitales alcanza tal versatilidad y precisión que no es difícil disponer de unidades de temporización capaces de proporcionar períodos de tiempo controlados entre algunas fracciones de segundos y varias decenas de horas, con precisiones superiores al 0,001 %. La aparición de los microprocesadores y sistemas programables ha revolucionado de nuevo la temporización industrial, y los grados de flexibilidad y precisión alcanzan hoy cotas impensables hace unos pocos años.

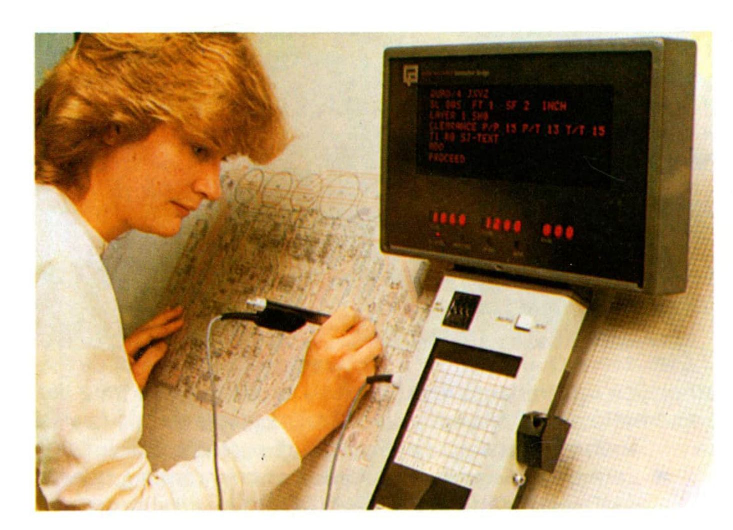
AMPLIFICADORES ELECTRONICOS INDUSTRIALES

Los amplificadores electrónicos son dispositivos que amplifican algunas magnitudes electricas. Los amplificadores, en el campo de la electrónica industrial, constituyen uno de los elementos más importantes al trabajar con las señales

que reciben de los sistemas electrónicos de control y regulación y posibilitar la maniobra de elementos electromecánicos, eléctricos o electrónicos.

Los amplificadores de interés para el campo industrial son los llamados *amplificadores de potencia*, y es de ellos de los que va a ocuparse este apartado.

Los amplificadores de potencia son aquellos cuya etapa de salida tiene como objetivo proporcionar a la carga el máximo de potencia con el máximo rendimiento y mínima distorsión.



Ejecución de un programa para máquina de control numérico. El posicionamiento del lápiz sobre el diseño de circuito impreso permite al sistema la corrección automática de las coordenadas y graba el posicionado exacto de X e Y, de forma que, posteriormente, una máquina-herramienta pueda reproducir el contenido del plano tantas veces como sea preciso.

Los amplificadores de potencia pueden incluir relés, transformadores y dispositivos semiconductores. Los amplificadores con válvulas han quedado prácticamente excluidos de las aplicaciones industriales.

Los circuitos amplificadores con relés funcionan bajo el principio de que la potencia para excitar la bobina del relé es mucho menor que la conmutada a través de sus contactos, con lo que las posibilidades de control o gobierno en sus contactos son muy superiores a la potencia consumida en el circuito de excitación.

La utilización de transformadores es también conocida debido a las relaciones de transformación según el distinto

número de espiras y la configuración de los dispositivos de inducción magnética.

Los amplificadores más frecuentes en aplicaciones industriales, y a la vez los más flexibles, son los constituidos por dispositivos semiconductores.

Se mencionan preferentemente los amplificadores de potencia constituidos a partir de componentes discretos (transistores), ya que, dada su forma de funcionamiento, la extrapolación a configuraciones más complejas es sencilla.

Para la correcta aplicación de las etapas amplificadoras es conveniente la elección de una tensión de alimentación adecuada, de forma que se logre una buena estabilidad. También será conveniente que estas etapas dispongan de una buena realimentación con el fin de evitar la distorsión del sistema. Los transistores de las etapas amplificadoras deben de estar adecuadamente protegidos frente a posibles cortocircuitos.

CIRCUITOS Y SISTEMAS ELECTRONICOS ESPECIALIZADOS PARA APLICACIONES INDUSTRIALES

Este tema, aun siendo continuación del anterior, va a introducir una variante notable en su exposición: se trata del comentario de los circuitos electrónicos mediante los cuales se obtienen aparatos con aplicación directa en la industria.

Debe comprenderse que los circuitos electrónicos que se muestran no son, evidentemente, la única solución posible al problema planteado; sin embargo, por su simplicidad y claridad van a ser de alto valor pedagógico para el lector, ya que permiten profundizar en la Electrónica en sí sin quedarse en la mera descripción funcional. Se ha procurado seleccionar circuitos basados en componentes discretos muy familiares para el aficionado o principiante, dejando a un lado los engorrosos cálculos matemáticos de diseño e insistiendo en la fenomenología de funcionamiento.

Cuando la complejidad circuital alcanza cotas elevadas, se ha preferido incidir en los diagramas de bloques o esquemas conceptuales. Conviene señalar también, dada la tendencia cada vez más evidente de integración de los componentes electrónicos para conseguir funciones más especializadas y complejas al menor coste, volúmen y mayor fiabilidad

posibles, que es de sumo interés para el lector conocer los sencillos circuitos electrónicos funcionales que se expondrán. Esto evitará perderse en una abstracción que, si bien a veces es necesaria, especializa al técnico o aficionado de tal forma que puede hacerle difícil solucionar sencillos problemas (figura 3).

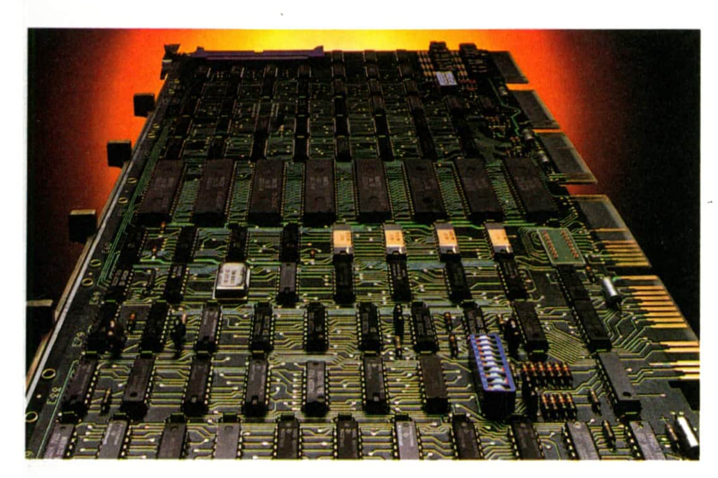


Figura 3. Los equipos y sistemas electrónicos industriales incluyen cada vez más componentes integrados VLSI y memorias.
Detalle en perspectiva de una carta de circuito impreso con salidas doradas para asegurar el contacto eléctrico de los conectores.

Vamos a comenzar con la descripción y circuitería de aparatos electrónicos sencillos y tras lo cual, en lo que se puede considerar un segundo bloque, introduciremos sistemas electrónicos industriales más complejos, que sean de gran importancia y utilidad en la industria moderna.

Evidentemente, no todos los equipos electrónicos industriales habrán sido expuestos en estas dos lecciones, pues como el lector conoce, éste, como la mayoría de los campos en los que interviene la Electrónica, tiene como único límite de sus aplicaciones la imaginación del hombre; no obstante, es obvio que el nivel de conocimiento alcanzado, tanto en la funcionalidad de los aparatos como en sus estructuras circuitales, habrá familiarizado al lector con los equipos electrónicos industriales de tal suerte que enfrentarse con los diferentes problemas que en este campo se le puedan presentar, o simplemente interesar, le será labor menos ardua, que la que hubiera supuesto antes de una atenta lectura de estas lecciones.

ESTROBOSCOPIOS ELECTRONICOS INDUSTRIALES

Un estroboscopio es un aparato que permite visualizar el comportamiento dinámico de los elementos de una máquina, poniendo en evidencia los eventuales defectos de sincronización, deslizamientos, deformaciones, rozamientos, etc., a los que se ve sometida en su funcionamiento. Permite además, de una manera indirecta, la medida de la velocidad de procesos cíclicos mediante la visión estática de la iluminación obtenida a impulsos del proceso dinámico.



Figura 4. Estroboscopio portátil con mando de regulación de la frecuencia de los destellos. El sincronismo de los destellos con el movimiento cíclico que se pretende medir, permite la lectura directa sobre la escala de mando.

Su funcionamiento se basa en iluminar durante un breve instante el elemento que se mueve cíclicamente cada vez que pasa por el mismo estado, con lo que la persistencia de la imagen en la retina del observador dará la sensación de que el elemento está parado en dicha posición.

Los estroboscopios electrónicos suelen tener el foco de lámpara de neón, argón, o de otro tipo de gas especial; también pueden dividirse en *sincronizables directamente* o mediante *oscilador interior de frecuencia controlada* (véase un modelo en la figura 4).

Los estroboscopios de neón, si bien son los más económicos, son los que menor intensidad luminosa proporcionan, con lo que es frecuente tener que producir sombra en el lugar de utilización para obtener un contraste suficiente. Los de argón, aunque de precio mucho más elevado, proporcionan la suficiente energía lumínica como para actuar en ambientes altamente iluminados.



Estroboscopio portátil, combinado con un tacómetro, de Brüel & Kjaer. La lectura se efectúa mediante un display o visualizador de cristal líquido.

Los estroboscopios sincronizables directamente lo son mediante el accionamiento de un componente electromecánico o electromagnético, de manera que, a forma de *leva*, sincronizan el movimiento que se pretende visualizar con el impulso luminoso.

Se muestra a continuación un sencillo circuito por el que se podrá comprender fácilmente el principio de un estroboscopio. En la figura 6 se puede ver que, mediante dos transistores y una sencilla circuitería auxiliar, puede obtenerse el control electrónico para un estroboscopio.

La frecuencia de impulsos luminosos obtenida por esta disposición oscila entre 10 y 50.000 impulsos minuto, según los valores de los componentes que formen el circuito.

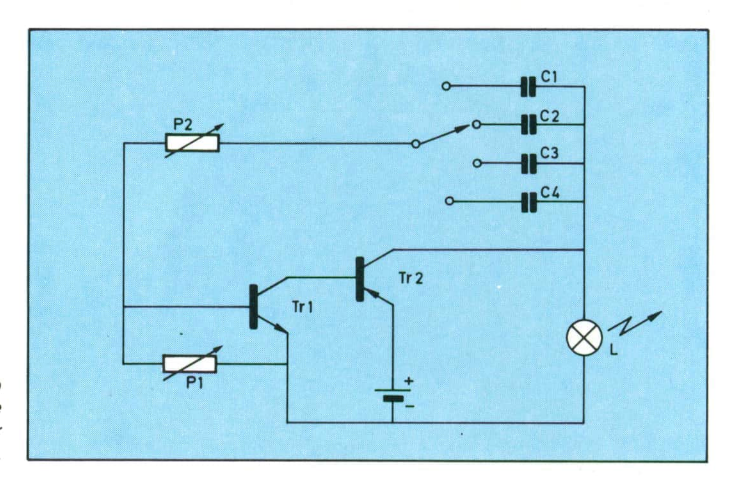


Figura 6. Circuito sencillo de un estroboscopio que incorpora un conmutador de escala.

Este circuito utiliza un transistor NPN (Tr_1) y uno PNP (Tr_2). Los transistores van acoplados directamente del colector del primero a la base del segundo. El potenciómetro (P_1) sirve para controlar la frecuencia de los impulsos luminosos, de forma que cuanto menor sea la resistencia de éste, ajustando su valor, mayor será la frecuencia de los impulsos. Lo mismo ocurre con los valores de los condensadores del lazo de realimentación ya que la frecuencia viene dada por la relación $f = 1/RC$.

El otro potenciómetro (P_2) determina la duración del impulso luminoso. La constante de tiempo entre el colector del transistor (Tr_2) y la base (Tr_1) está determinada por medio de la red RC señalada antes.

Para poder efectuar la medición en las diferentes gamas establecidas deberá actuarse sobre el selector de capacidad, y posteriormente en el potenciómetro responsable de la

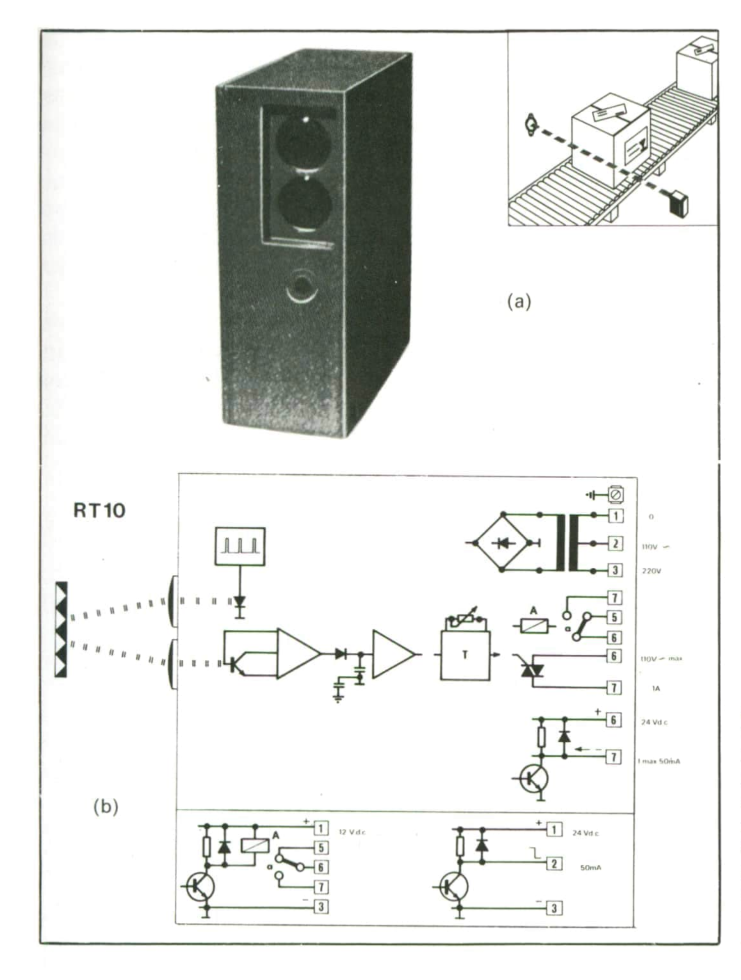


Figura 7.— Barrera fotoeléctrica con emisor-receptor que funciona por reflexión;
a) Detalle de ejemplo de aplicación para el conteo automático de cajas;
b) Diagrama de bloques de la barrera fotoeléctrica. Modelo fabricado por Data Logic.

variación de frecuencia o de variación fina.

Es muy frecuente la utilización de baterías para la alimentación de este tipo de equipos, lo que permite que puedan trabajar como portátiles.

CONTROL ELECTRONICO FOTOELECTRICO

La utilización de un rayo de luz transmitido por un

elemento emisor captado por un receptor, de forma que tal rayo se vea alterado en alguna de sus características, (interrupción, reflexión, demodulación, etc.), es uno de los principios más utilizados en los aparatos electrónicos industriales, sobre todo en el terreno del cómputo, clasificación, envasado, almacenaje automático, etc. La denominación de barrera fotoeléctrica, a pesar de ser imprecisa, ha alcanzado un nivel de popularidad tan elevado, que es seguro que el lector tiene una idea bastante clara de su significado (figura 7).

Para que una barrera fotoeléctrica tenga sentido es necesaria la existencia de un elemento emisor de radiación (no necesariamente visible), y otro elemento receptor que sea sensible únicamente a la radiación emitida por aquél. Es imprescindible que el sistema sea insensible a otro tipo de radiación parásita distinta de la del emisor.

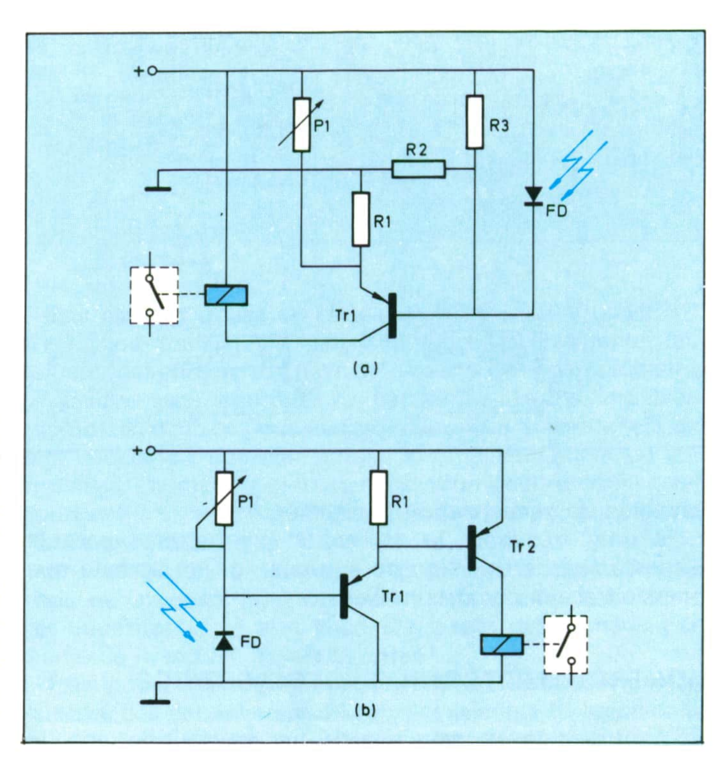


Figura 8. a) Circuito de relé con mando a través de un impulso o señal luminosa empleando un dispositivo transistor; b) Circuito con la misma funcionalidad anterior, empleando dos transistores. La polarización de Tr_2 que proporciona R_1, puede sensibilizar adecuadamente el circuito, fijando los niveles de actuación.

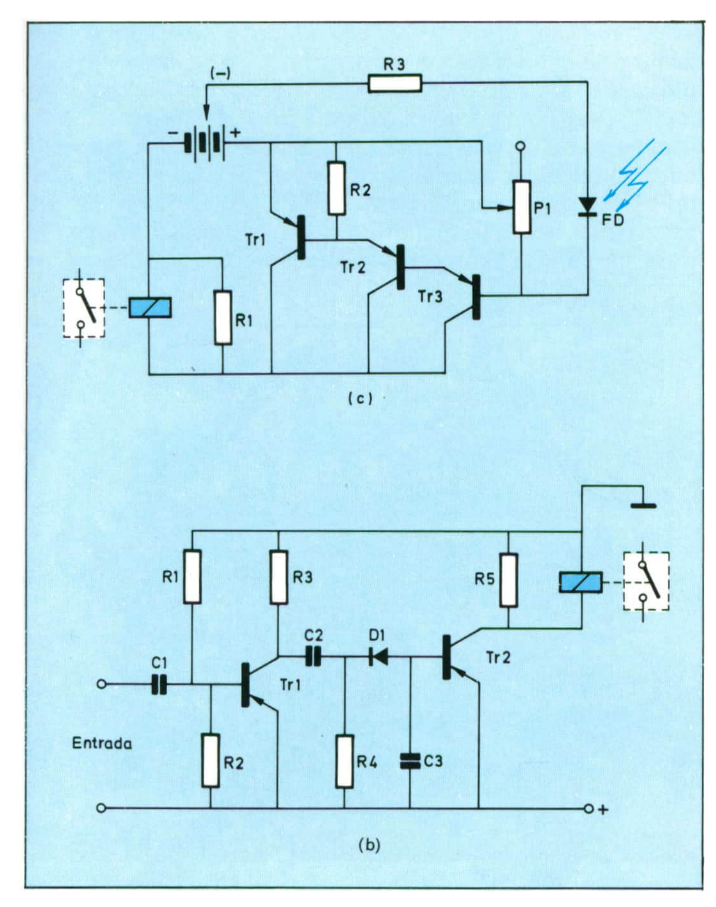


Figura 9. a) Circuito de conmutación de relé por medio de tres transistores. Los transistores Tr_2 y Tr_3 están acoplados directamente (Darlington).; b) Circuito de conmutación de relé con señales débiles de entrada.

Aplicaciones más sofisticadas, pero igualmente importantes, que evidencian el interés por los controles electrónicos fotoeléctricos son la lectura de tarjetas perforadas, identificación de documentos, transmisión de información por procedimientos ópticos, circuitos de alarma y seguridad, detección de la posición de la aguja de un instrumento galvanométrico permitiendo prefijar los valores máximos y mínimos, etc.

La primera estructura circuital de la figura 8 muestra la amplificación efectuada por el transistor (Tr_1) de la señal

proveniente del fotodiodo (FD), de forma que en el estado de máxima conducción se polariza la base del transistor para que éste conduzca y active el relé. Mediante el potenciómetro (P_1), se fija el punto de conmutación del transistor. Este dispositivo de un solo transistor es sencillo, y sus fundamentos son aplicables a cada uno de los dos circuitos siguientes de dos y tres transistores. Según los valores de las resistencias de polarización de cada una de las etapas, se obtienen puntos de conmutación distintos en cada caso.



Diferentes modelos de captadores inductivos y capacitivos, que generalmente requieren posteriores circuitos de amplificación de las señales transducidas.

Consideración aparte merecen los circuitos emisores de luz infrarroja modulada, que disponen antes del circuito de conmutación, similar o no al tipo de los expuestos, una etapa demoduladora que, mediante un estrecho filtro pasobanda, sólo *sintoniza* la señal adecuada, rechazando cualquier otra señal parásita.



Las modernas técnicas electrónicas están desplazando a los equipos utilizados tradicionalmente en aplicaciones puramente mecánicas, como puede ser el mecanizado de materiales de gran dureza. En la fotografía se muestra un equipo de haz de iones que permite cortes y rayados en materiales muy duros, con tolerancias del orden de una micra. (Cortesía: Oxford Applied Research).

MANIOBRA DE RELES CON SEÑALES ELECTRONICAS DEBILES

Uno de los inconvenientes fundamentales de la Electrónica, es que a veces, sobre todo en el caso de aplicaciones industriales, se requiere una etapa final de maniobra que proporcione la energía suficiente para ejecutar la acción que se desea. Con anterioridad se trató la amplificación y este apartado, en realidad, se va a ocupar de un tipo de sistema amplificador con una cualidad muy especial, la de ser capaz de amplificar una señal muy débil hasta alcanzar un nivel tal

que permita activar un relé (o elemento de maniobra deseado).

Este tipo de dispositivo es muy usado en aplicaciones de amplificación de señales procedentes de captadores no alimentados de tipo inductivo, de captadores de presión piezoeléctricos, galgas extensométricas, etc.

El circuito propuesto (figura 9*b*) con dos transistores, recibe la señal débil que se pretende aprovechar a través de un condensador de entrada, y tras ser amplificada por el transistor (Tr_1) es aplicada al (Tr_2) a través de un condensador y un diodo. El diodo rectifica la señal que entrega (Tr_1) conviertiéndola en una señal continua. Esta señal continua llega a la base del transistor (Tr_2) polarizándolo adecuadamente y al conducir se activa el microrrelé. En ocasiones se coloca un potenciómetro, en paralelo con el relé para regular la corriente activadora del relé actuando como un verdadero regulador de sensibilidad de disparo de aquél.

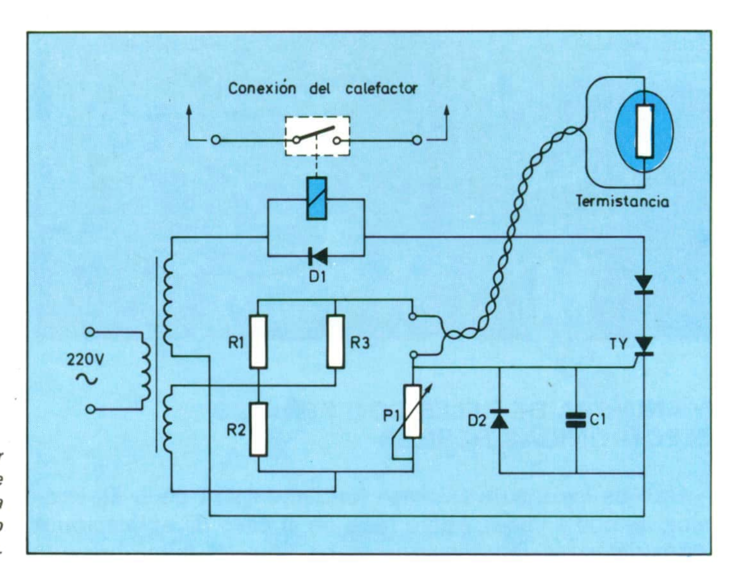


Figura 12. Regulador térmico electrónico que gobierna el sistema calefactor de un baño provisto de termostato.

De los contactos conmutados del relé podrán obtenerse los niveles energéticos necesarios para proceder a la maniobra deseada.

Estructuras funcionales similares a la expuesta son muy frecuentes en sistemas de instrumentación donde los sensores, tal como antes se ha dicho, no van alimentados normalmente.

CONTROL ELECTRONICO DE TEMPERATURA

En este apartado se explica el funcionamiento de un sistema para mantener bajo control la temperatura de un habitáculo, (horno, cámara climática, baño con termostato incorporado, etc.) según el principio de regulación expuesto en el libro anterior.



Diversos tipos de matrices de programación para aplicaciones industriales, para audio y video, lectores de cinta perforada, conmutadores de codificación, teclados de lámina y conmutadores industriales. (Cortesía: Elion).

Como el lector podrá imaginar, los reguladores electrónicos industriales de temperatura son circuitos muy sofisticados que además, por la componente de peligro que podría representar su funcionamiento incorrecto debido a un fallo del circuito o de algún componente de seguridad, (válvulas de escape, termocontactor, interruptor bimetálico, etc.), deben equipar estructuras circuitales auxiliares además de estar construidos con materiales y componentes de alta fiabilidad. A pesar de ello, y de la sencillez del circuito que se propone a continuación, su estudio detallado es de sumo interés (figura 12).

El principio de regulación de este circuito es tal que cuando el elemento calefactor ha originado que la temperatura alcance el valor deseado, el sistema desconecta dicho calefactor, dejando que la temperatura disminuya por su propia inercia térmica por debajo del umbral prefijado, en cuyo instante se conecta de nuevo el elemento calefactor, hasta establecer la temperatura prefijada.

El circuito utiliza un puente equilibrado con tres resistencias y una *termistancia* (resistencia cuyo valor óhmico varía con la temperatura). El cometido de la resistencia ajustable es el de asegurar el equilibrio del puente mediante el ajuste compensatorio necesario.

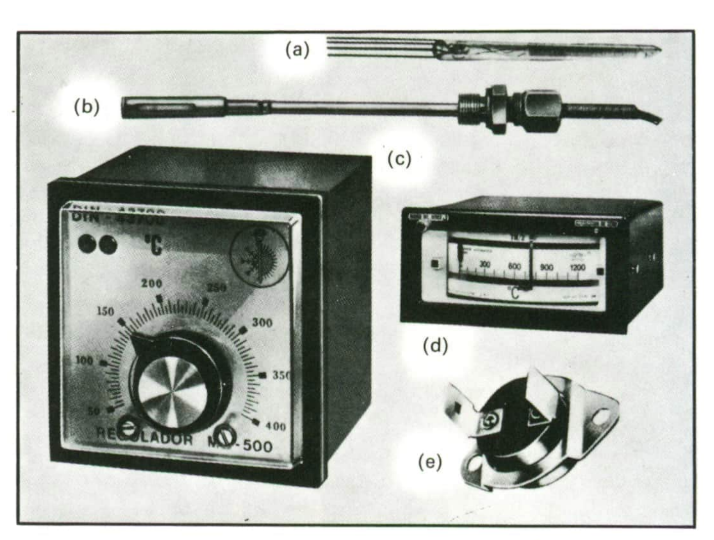


Figura 14. Aparatos usados habitualmente en metrología industrial para el control y regulación de la temperatura.
a) Termorresistencia encapsulada en ampolla de vidrio;
b) Termopar con casquillo roscado de acoplamiento;
c) Termorregulador con margen de trabajo entre 50 y 400°C;
d) Termómetro empotrable rectangular con escala hasta 1.200°C;
e) Termocontacto bimetálico.

Cuando se alcanza el valor de la temperatura determinado por la posición de la resistencia variable, el puente está en equilibrio y el tiristor está en bloqueo, ya que no se le aplica ninguna señal al electrodo de disparo. Cuando sigue aumentando la temperatura en la termistancia que actúa de sensor, el puente se desequilibra y aparece una señal en el electrodo de disparo del tiristor, permitiendo el paso de corriente por la bobina del relé, el cual, al activarse, abre los contactos y deja sin alimentación el circuito calefactor. Cuando la temperatura vuelve a descender por debajo del

valor prefijado, el puente vuelve a encontrarse equilibrado, por lo que la tensión de disparo del tiristor desaparece, se desactiva el relé y vuelve a quedar conectado el circuito de calentamiento, repitiéndose de nuevo el ciclo anterior.

La termistancia se colocará, preferentemente, en la proximidad del punto que tenga menor inercia térmica, esto es, que sea más sensible a las variaciones de temperatura (figura 14).

La termistancia irá conectada al puente a través de un cable blindado con el fin de evitar señales parásitas exteriores que puedan perturbar el punto de equilibrio del puente.

Evidentemente, y tal como se ha dico antes, la estabilidad térmica de los componentes ajenos a la variación de temperatura que pretende regularse debe de ser muy buena, así como también debe serlo su fiabilidad.

Compruébese que en el bobinado del relé se conecta en paralelo un diodo para las corrientes inductivas inversas que pueden aparecer en los instantes de conexión y desconexión (extracorrientes).

TEMPORIZADOR ELECTRONICO DE DOBLE EFECTO

En el tema anterior se estudió con detalle el principio funcional de los temporizadores, se comentaron las distintas tecnologías, escalas de temporización que proporcionan, etc. En este apartado, se describe un circuito de temporización en el que se pueden regular períodos de tiempo distintos durante el cual el juego de contacto de dicho temporizador queda abierto o cerrado. A esto se le llama *temporizador de doble efecto.*

En el circuito expuesto en la figura 15, la duración de las dos bases de tiempo referidas se obtiene a partir del tiempo de descarga de sendos condensadores. La tensión de carga gobierna, a través de una etapa intermedia, un conformador de impulsos, siendo la carga el bobinado del relé. El condensador (C_3) impide la fluctuación de la armadura cuando vuelve a caer. La resistencia (R_{11}), en paralelo con la bobina del relé, limita la sobretensión producida por el bobinado, sin ralentizar de forma sensible la caída de la armadura.

Los transistores (Tr_1) y (Tr_2) están bloqueados al conectar el circuito. El transistor (Tr_3) está en conducción y activa el relé por lo que sus contactos son conmutados; el condensador (C_1) se carga a través del potenciómetro (P_1) y la resistencia fija serie (R_1). La armadura del relé se desactiva a partir del momento en que la tensión en los bornes del condensador (C_1) alcanza el valor suficiente para polarizar la base del transistor (Tr_1) a través del contacto (ct-2). Entre tanto el condensador (C_2) está cargado a la misma tensión de alimentación en la posición activada de los contactos; este condensador se descarga a través del potenciómetro (P_2) y la resistencia serie (R_3). La corriente de base alcanza un cierto valor con lo que el relé se encuentra de nuevo activado y se inicia de nuevo el ciclo completo.

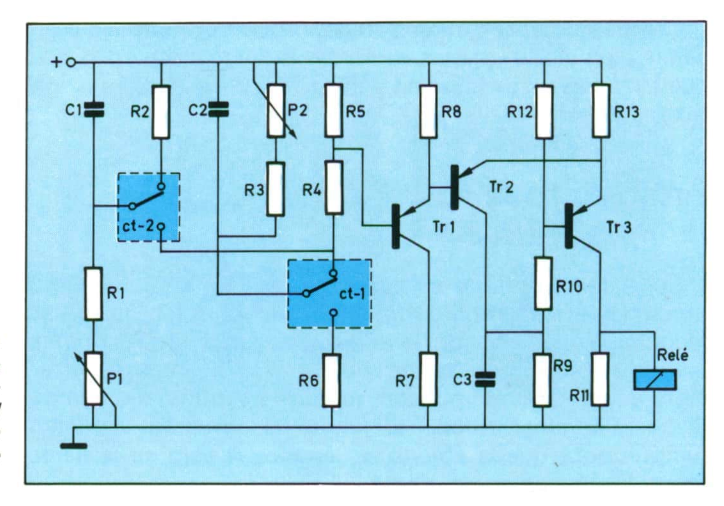


Figura 15. Circuito electrónico de temporización a doble efecto. Los contactos del relé se representan enmarcados por líneas de trazos.

Los tiempos de temporización dependen de la estabilidad y tolerancia de los condensadores (C_1) y (C_2). La estabilidad térmica de tales condensadores es muy importante, ya que cualquier deriva en sus valores produce variaciones notables en los temporizadores; lo mismo ocurre con las características de polarización en la conmutación de los transistores.

En este tipo de estructuras, son muy frecuentes variacio-

nes del 10 % por derivas de los componentes o dispersiones de sus características. No se insiste en las considerables ventajas que los temporizadores digitales con base de tiempo de cuarzo tienen frente a dispositivos como el expuesto.

MANDO ELECTRONICO DE LA POSICION DEL ROTOR DE UN MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA

Las aplicaciones que en la industria se derivan de permitir el posicionado del rotor de un motor son muchas: la disposición de una herramienta en una bancada, la ejecución de maniobras controladas, el accionamiento de apertura y cierre controlado de válvulas en circuitos de conducción de fluido y, en general, en múltiples maniobras controlables por mando a distancia.

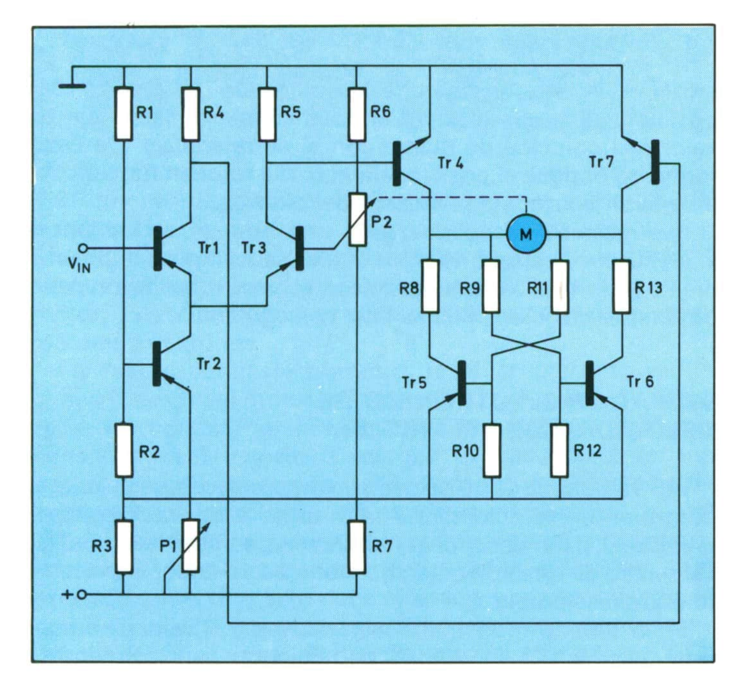


Figura 16. Circuito de posicionamiento del rotor de un motor de corriente continua. La línea de trazos indica el acoplamiento mecánico existente entre el eje del rotor y el cursor del potenciómetro.

Otras aplicaciones se concretan en sectores industriales muy especializados como es el caso del sector químico, en aplicaciones de control de apertura y cierre de tolvas dosificadoras de precisión, por ejemplo, hacen a estos dispositivos muy importantes para este tipo de maniobras.

El órgano que se pretende posicionar, debe estar acoplado mecánicamente a un potenciómetro que proporcione la magnitud necesaria para comandar el circuito activo del dispositivo regulador. Esta magnitud eléctrica real, es comparada al valor de referencia en un amplificador diferencial, formado por los transistores (Tr_1) y (Tr_3) según se observa en el circuito de la figura 16. El motor de posicionamiento se dispone en la diagonal de un puente constituido por dos transistores NPN, (Tr_4) y (Tr_7) y dos transistores PNP, los (Tr_5) y (Tr_6). La tensión en los bornes de las resistencias (R_4) y (R_5) es inferior a la tensión de umbral de los transistores, (aprox. 0,6 *V*), de forma que los potenciales de entrada al amplificador diferencial quedan igualados. Si estos potenciales fueran diferentes, dependiendo de sus signos, uno de los dos transistores NPN estaría en estado de conducción y lo mismo ocurriría con el PNP en su brazo correspondiente del puente; con ello el motor se pone en marcha desplazando el órgano de posicionamiento, y a la vez el potenciómetro, hasta que el valor real coincide de nuevo con el de referencia. De esta forma, se obtiene el posicionamiento del rotor en función de la tensión aplicada a la entrada del circuito.

Los motores adecuados para este tipo de aplicaciones suelen ser micromotores a los cuales se les aplica habitualmente bisinfines o elementos mecánicos de transmisión para obtener el posicionamiento final perseguido.

VARIADOR ELECTRONICO DE VELOCIDAD DE UN MOTOR

Los variadores de velocidad son dispositivos que permiten controlar la velocidad de un motor eléctrico, de tipo *universal*, para desarrollar labores específicas en que la velocidad de rotación de dicho motor es un factor importante o imprescindible.

En el terreno industrial, los variadores de velocidad son muy usados en máquinas herramientas, en agitadores,

mezcladores, activadores de procesos, controles de procesos, etc.

De su importancia se deduce el hecho de que muchos fabricantes de circuitos integrados hayan desarrollado circuitos especiales para la aplicación en aparatos para el control de velocidad.

A continuación se proponen, diversos circuitos que aportan soluciones simples a la problemática del control y regulación de la velocidad de motores eléctricos.



Muestrario de productos Elion, que incluye preselectores de codificación, conmutadores miniatura para circuitos impresos, visualizadores digitales de siete segmentos con LED, módulos de preseleccioón con visualizador digital, teclas y teclados alfanuméricos.

El primer dispositivo, figura 18 es un variador de velocidad de un *motor serie* que posee colector y escobillas. Este tipo de variador permite adaptar el par del aparato al cual va aplicado el motor y al trabajo que debe realizar dicho motor. Este circuito no es válido para la actuación sobre motores asíncronos.

La fuerza contraelectromotriz residual presente en la chapa (hierro) del motor es la magnitud que se utiliza como señal de control de la velocidad, permitiendo mantener constante esta velocidad aunque el par resistente sea variable. Obsérvese que en realidad se trata de un sistema de regulación de velocidad, esto es, *de bucle cerrado.*

La alimentación proviene de la red de alterna; el potenciómetro (P_1) se encarga del ajuste de la velocidad y el potenciómetro (P_2) sólo debe ajustarse una vez, cuando se desea escoger la gama de velocidad que desea controlar, y que nò es operacional para el usuario del aparato.

Obsérvese que la velocidad del motor será tanto mayor cuanto más elevada sea la corriente que circule por el tiristor, cuya puerta está controlada por el divisor de tensión obtenido a partir de (P_1).

Para los *motores asíncronos*, se propone un dispositivo destinado a controlar el arranque, paro y frenado de tales motores.

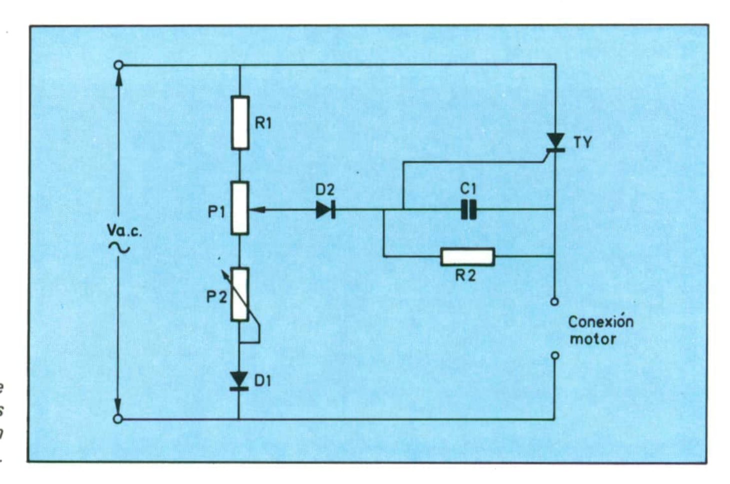


Figura 18. Variador de velocidad para motores universales, basado en circuitos electrónicos.

El principio de actuación del circuito estudiado es el de un interruptor funcionando en corriente alterna (figura 19).

Un multivibrador biestable proporciona una frecuencia estable a la base del transistor (Tr_1), el cual comanda a los transistores (Tr_2) y (Tr_3) que funcionan como interruptores «todo o nada»: Cuando (Tr_1) está en saturación, los transistores (Tr_2) y (Tr_3) se encuentran también en saturación y la corriente del estator del motor se cierra a través de un diodo y un transistor para cada una de las alternancias. Por el contrario, cuando el transistor (Tr_1) está bloqueado, los transistores (Tr_2) y (Tr_3) también lo están; esto da lugar a la carga del condensador (C_1) a través del diodo (D_1), debido a ello, los inductores del motor son alimentados en continua y el rotor, del tipo *jaula de ardilla*, se frena por acción de las corrientes de Foucault.

Una muestra de estos equipos completos y de sus accesorios queda indicada en la figura 20.

CONEXION ELECTRONICA AUTOMATICA DE UN SISTEMA DE ILUMINACION DE EMERGENCIA

Los sistemas de iluminación de emergencia constituyen hoy día un elemento imprescindible en todo tipo de local o lugar donde el hombre deba desarrollar alguna actividad, como son los locales públicos, pasillos subterráneos, fábricas, hospitales y, en general, en todos aquellos puntos donde no se desee interrumpir una actividad por falta de iluminación.

Evidentemente, las aplicaciones industriales de este tipo de sistema son de suma importancia; de todos son conocidas las molestias y elevados costes que significa tener que interrumpir el trabajo de un grupo de personas.

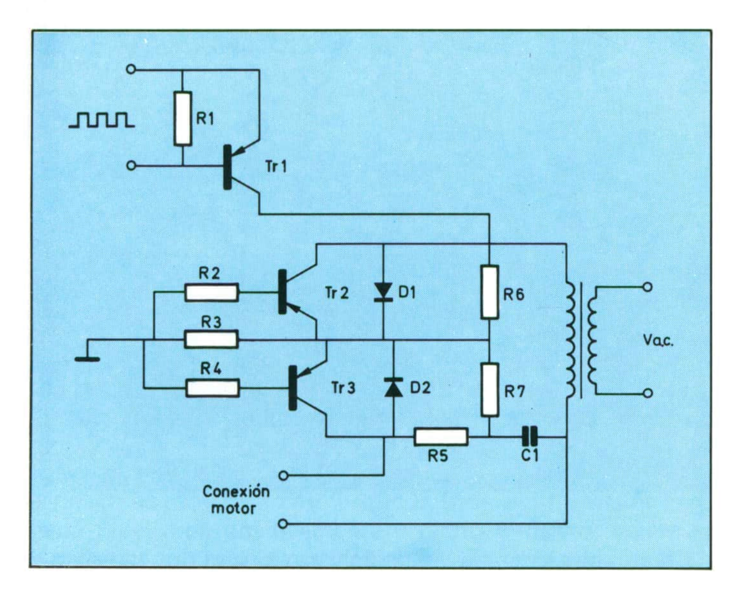


Figura 19. Circuito electrónico de arranque, freno y paro de un motor asíncrono.

Está claro que todo sistema de iluminación de emergencia debe disponer de una fuente energética alternativa para que sustituya, en caso de necesidad, a la fuente energética original. Estas fuentes alternativas pueden ser un sistema de baterías acumuladoras, un sistema electrógeno, etc.

El sistema de conexión electrónico es el que se encarga de proporcionar la energía de la fuente auxiliar, aplicándola a la red de iluminación de emergencia. En muchos casos, el sistema de iluminación auxiliar y el normal son el mismo y lo único que varía es la fuente energética. En el circuito que se propone a continuación, un conjunto de acumuladores recargables se encarga de alimentar el circuito de alerta y el propio sistema de iluminación aunque, como el lector comprenderá, las alternativas resultantes de combinar el funcionamiento de estos sistemas pueden ser muchas.

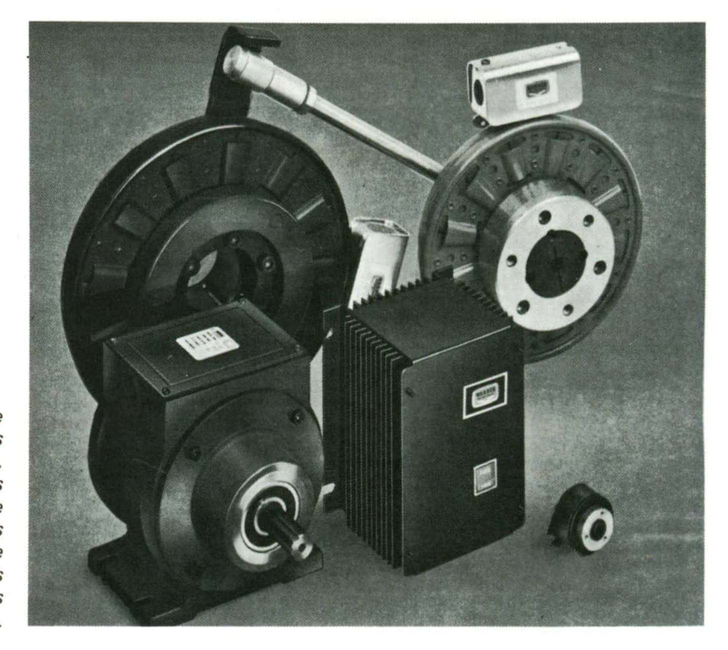


Figura 20. Detalle de embragues y frenos electromagnéticos, acompañados por los sistemas de adaptación de estos dispositivos a las máquinas sobre las que deben actuar. Estos equipos están fabricados por la firma Warner.

Como componentes a significar se utilizan dos transistores, una fotocélula y un relé de un solo juego de contactos. Podría pensarse en sustituir la fotocélula por un relé, de forma que se desactivará éste al desaparecer la tensión de alimentación de la red principal, pero se ha considerado más ilustrativo referir la relación causa-efecto a la ausencia de luz, para obtener la iluminación procedente del sistema de emergencia.

La fotocélula debe estar muy próxima a la fuente luminosa original para tener la máxima sensibilidad a la ausencia de luz de aquella fuente y no serlo a la fuente de luz de emergencia; posición preferente será una interior al módulo de iluminación principal, como también es importante el hecho de que no se vea afectada por la iluminación auxiliar de emergencia, habitualmente de menor intensidad, por razones evidentes de consumo.

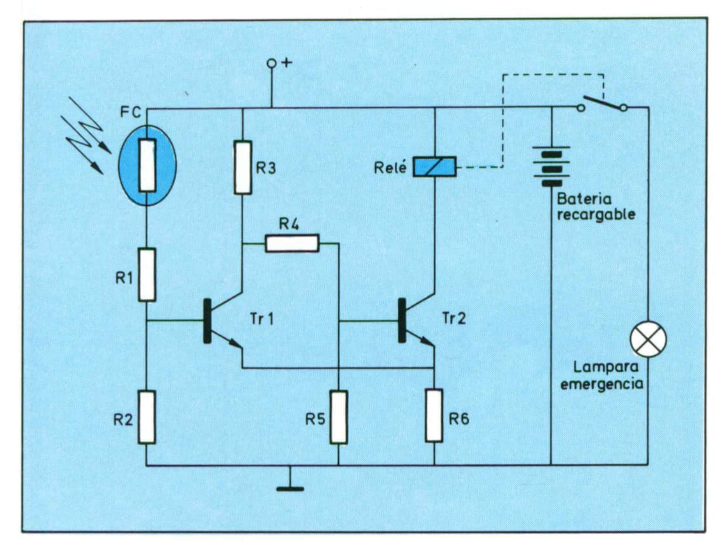


Figura 21. Circuito de activación de un sistema de iluminación de emergencia. La línea de trazos indica la conexión mecánica existente entre el relé y el interruptor.

Cuando la fotocélula está iluminada debido a la presencia de luz proporcionada por el sistema principal y su resistencia óhmica es muy baja con lo que la base del transistor (Tr_1) está polarizada positivamente y dicho transistor estará en saturación, en este caso, el transistor (Tr_2), estará bloqueado por quedar polarizado inversamente; como consecuencia de ello el relé estará desactivado (figura 21).

Si desaparece la iluminación producida por la fuente principal, aumentará considerablemente la resistencia óhmica de la fotocélula de forma que, a través del divisor de tensión que constituyen la fotocélula y las resistencias (R_1) y (R_2), el transistor (Tr_1) está bloqueado y el (Tr_2) en

conducción, activándose el relé y conectando la fuente de iluminación de emergencia; esta situación se mantendrá en tanto no exista iluminación en la red principal. Cuando esto se produzca, el cambio de resistencia de la fotocélula volverá a situar los estados de conducción y bloqueo de los transistores (Tr_1) y (Tr_2) en su estado original de espera.

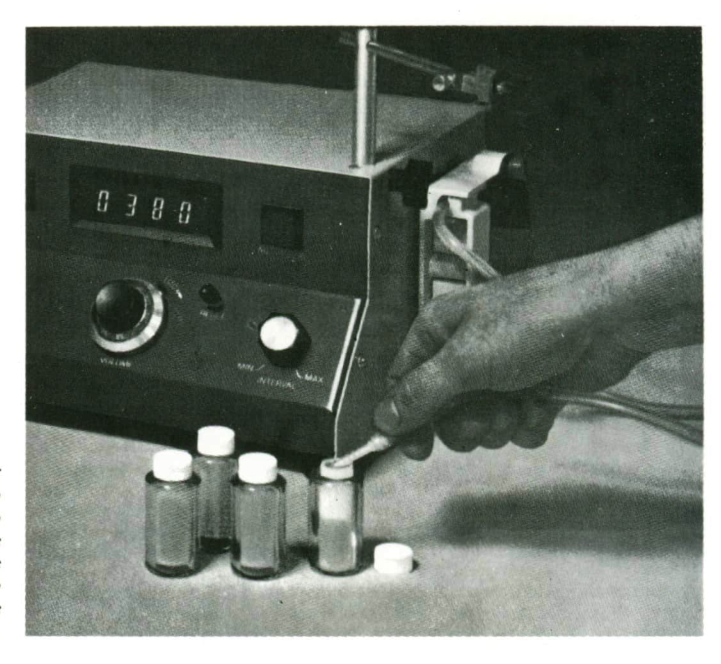


Figura 22. Microdosificador electrónico digital. La aplicación de la electrónica a los procesos industriales permite a los sistemas de dosificación alcanzar precisiones difícilmente imaginables.

En presencia de energía en la red principal, los acumuladores se recargarán de nuevo, restableciendo también su situación original.

TECNICAS INDUSTRIALES MODERNIZADAS POR LA ELECTRONICA

Por todo lo expuesto hasta ahora, y por lo que el lector conozca ya o pueda conocer en el futuro, es evidente que la Electrónica es parte importante como responsable de la modernización industrial.

La posibilidad de efectuar controles y regulaciones muy sofisticados por medio de sencillos y económicos aparatos electrónicos, ha permitido a muchas especialidades industriales desarrollarse en sí mismas, al permitir establecer nuevos procesos impensables antes de la existencia de la Electrónica.

Los sofisticados y precisos *sistemas de pesaje electrónicos*, han permitido dosificar las cantidades de productos con tal exactitud, que la capacidad del optimizar reacciones químicas ha desarrollado nuevos productos para los campos químicos y farmacéuticos (figura 22).



Microcomputador manual preparado para trabajar en ambientes contaminados como minas, almacenes de pinturas, instalaciones petroquímicas o petrolíferas, etc. Posee una capacidad de memoria de 128 k a la que se accede con los lenguajes Ensamblador y Basic. La lectura se efectúa en dos pantallas de cristal líquido. (Cortesía: Anderson Strathclyde).

El control electrónico de sistemas calefactores, termorreguladores y refrigeradores de gran precisión ha redundado en beneficio de la industria especializada, con una evidente aportación en el control de procesos (figura 24).



Figura 24. La medida automática del pH de las soluciones químicas, así como su control y regulación, han permitido un gran avance en los procesos químicos. Detalle de sondas y pH-metro digital con precisión de hasta 1/100.

Los medidores de conductividad de soluciones, espectrógrafos, colorímetros, vacuómetros, manómetros, medidores de flujo, higrómetros, microscopios y sistemas de ampliación óptica, medidores de par mecánico, pH-metros, sistemas de detección, cronómetros, etc., son sistemas electrónicos que han revolucionado enormemente las industrias en las que se aplican. En los próximos apartados se describirán sistemas y técnicas industriales influidas por la Electrónica en los terrenos del *control numérico* de las máquinas herramientas, sistemas de pesaje electrónicos industriales, sistemas de *telemando* aplicados a la industria y las aplicaciones de los ordenadores al *control de procesos industriales.*

En un próximo libro se tratará la *robótica,* en la que la Electrónica, junto con otras técnicas, alcanza su máxima

expresión, al permitir sustituir por máquinas, actividades que tradicionalmente eran reservadas al hombre.

EL CONTROL NUMERICO DE MAQUINAS HERRAMIENTAS

Se entiende por control numérico de una máquina herramienta, aquel procedimiento mediante el cual puede controlarse el posicionamiento de un órgano mecánico o electromecánico, de forma que, con las órdenes recibidas a través del sistema y de una forma completamente automática, pueda gobernarse dicho posicionamiento.

El control numérico tuvo su origen en la necesidad de mecanizar y automatizar las operaciones industriales para



Los servomotores y sistemas de accionamiento electromecánico son la última etapa que controla una máquina herramienta. El técnico comprueba que el programa listado en la impresora permita el correcto accionamiento de los aparatos electromecánicos.

fabricar todo tipo de piezas; los elementos básicos que debe proporcionar un sistema de control numérico son tres:

Precisión para ser capaz de reproducir, tantas veces como sea preciso, el proceso que se le encargue en total concordancia con lo especificado.

Rapidez por un evidente concepto de disminución de costos.

Flexibilidad para que pueda ser usado, debidamente programado, para muchas operaciones distintas.

Estas tres características, permiten que los sistemas de control numérico puedan aplicarse igualmente en el ámbito de las grandes, medianas y pequeñas series.

Los sistemas de control numérico están constituidos por dos partes: una fija, constituida por las estructuras circuitales electrónicas y eléctricas, así como por los elementos electromecánicos de accionamiento y otra variable, que es el programa.

Para facilitar el estudio de las máquinas de control numérico, es conveniente establecer una clasificación que permita separarlas en dos grandes familias, las máquinas de posicionamiento *punto a punto* y las máquinas de *contorneado.*

Intuitivamente, el lector habrá comprendido la diferencia entre ambos tipos de sistemas. En el primero, la operación es de tipo *digital*, mientras que en el segundo caso es de tipo *analógico*, aunque evidentemente el control es numérico en ambos casos.

Los sistemas *punto a punto* se utilizan normalmente para taladradoras, punteadoras y fresadoras sencillas.

Los sistemas de *contorneado* se usan en tornos y en fresas para operaciones complejas.

Desde el punto de vista logístico la estructura, de un sistema de control, presenta las siguientes partes:

1) Entradas-salidas.
2) Decodificadores y memorias.
3) Calculador.
4) Servomecanismos.

Las unidades de entrada-salida permiten introducir en el sistema de control numérico toda aquella información precisa para que éste sea programado en un lenguaje que le es propio y que es capaz de interpretar. Los medios para introducir la información en los sistemas de control numérico han evolucionado mucho con el tiempo, desde las

antiguas cintas y bandas perforadas, hasta la simple introducción electrónica a través de teclados que permiten almacenar la información en memorias de acceso aleatorio y de escritura-lectura.



También en el sector de almacenaje resultan imprescindibles los ordenadores; mediante ellos, es fácil controlar las entradas y salidas de efectos o materiales, dejando constancia escrita de cada operación.

Haciendo un paréntesis, señalaremos que en este apartado no se va a profundizar en aspectos que son genéricos de los ordenadores a pesar de que se podría decir que los sistemas de control numérico lo son en realidad; un estudio detallado será hecho en los libros correspondientes. Lo que se pretenderá en éste y próximo apartados, en los que se trata el *control automático de procesos*, es resaltar los aspectos que les son propios y les diferencian de los sistemas programables aplicados a otros terrenos.

Al igual que los órganos de entrada-salida, las unidades

de decodificación y memoria han evolucionado con la tecnología. Desde los órganos de almacenamiento con ferritas, hasta los discos magnéticos y memorias de semiconductores de diversas tecnologías; la función de estas unidades ha sido y es la de guardar los programas en sus registros de trabajo o almacenamiento.

El calculador es, por decirlo así, el verdadero cerebro del sistema, ya que recibe las informaciones, las distribuye, controla y ordena su procesamiento de forma que, sin ser el ejecutor de las acciones, es el órgano que las ordena.

Finalmente, los servosistemas son los elementos encargados de ejecutar de la forma ordenada por el calculador la acción correspondiente. Pueden ser de tipo mecánico, eléctrico, electromecánico, neumático, hidráulico, oleodinámico, etc.

La programación de las máquinas de control numérico constituye en realidad la parte más importante de tales aparatos, ya que en sí preparan a los sistemas para realizar los trabajos que se desean.

Para efectuar el programa, el analista o programador parte de un plano de la pieza a realizar; de esta forma, sobre dicho plano, se señala un origen de referencia de los ejes X-Y, y todas las cotas del plano se refieren a este origen.

Otras funciones, como la propia velocidad de la máquina, de la herramienta, etc. deberán ser previstas en el programa para que el mecanizado que se desea obtener sea correcto.

La programación, que depende del grado de sofisticación o inteligencia de la máquina, podrá ser efectuada de forma manual (en «lenguaje de máquina») o de la forma automática, a partir de la información que de la pieza se le proporcione a la máquina.

La programación manual es mucho más lenta y menos segura que la automática, pero ello no exige un sistema tan complicado como en aquellos casos en que la máquina de control numérico pueda ser programada automáticamente.

En el caso de la *programación manual*, debe efectuarse previamente el cálculo de todas las curvas y segmentos de la pieza, lo cual constituye a veces la parte más engorrosa y lenta del trabajo.

Evidentemente, en las máquinas de control numérico, juegan un papel muy importante los sistemas de mando de los servomecanismos, sobre todo desde el punto de vista de los sistemas realimentados o de bucle cerrado, en los que un

captador de posición es el responsable de realimentar al calculador la información necesaria para que el gobierno del servo sea conforme a la acción deseada. Acciones de aceleración y desaceleración, ya sean continuas o escalonadas, debidamente combinadas con la realimentación proporcionada por los captadores de posición, permiten acortar los tiempos de ejecución de una pieza, y con ello el coste.



Las mediciones ópticas y electrónicas resultan de gran ayuda en los procesos industriales que requieren la máxima precisión. El operario debe estar pendiente en todo momento de los instrumentos de lectura.

Obviamente, la sofisticación y complejidad de las máquinas de control numérico permite la realización de labores imposibles de ejecutar por máquina alguna, aparte el hombre de forma artesanal.

La proliferación de sistemas inteligentes de ayuda al diseño, con la revolucionaria realización de *proyectos asistidos por ordenador*, permite evitar la programación de las máquinas herramientas, en el sentido de que en la propia faceta de proyecto y de realización de planos por ordenador, la información aparece ya debidamente digitalizada y, con la adaptación precisa de los sistemas, no se requiere de otra tarea de programación específica. Este tipo de sistemas

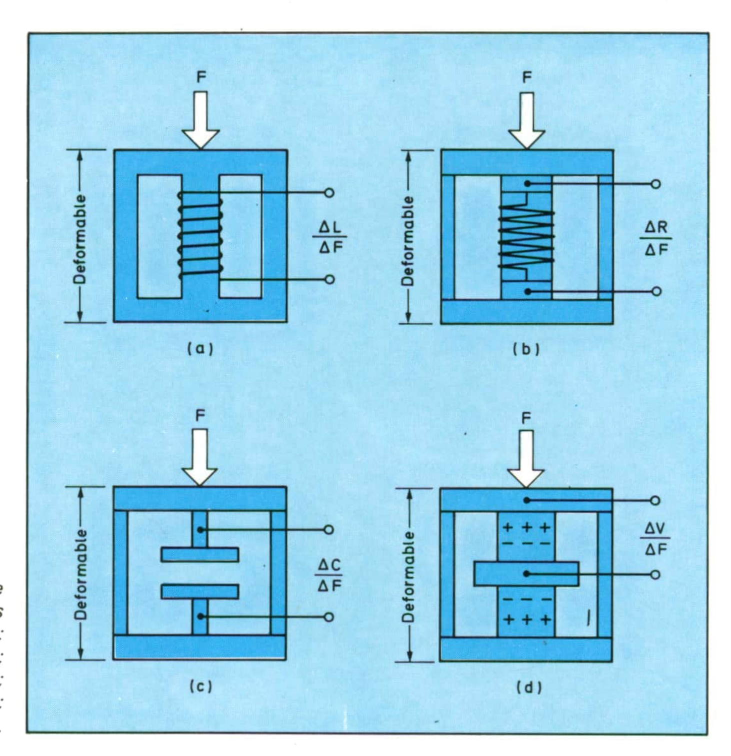


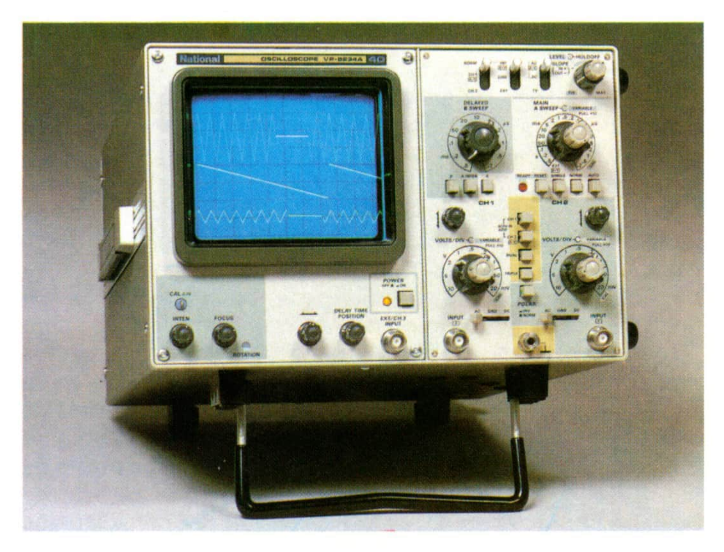
Figura 28. Detalle funcional de captadores de fuerza:
a) magnetoelásticos;
b) resistivos;
c) capacitivos;
d) piezoeléctricos.

permitirá integrar, en un futuro no muy lejano, un sistema completo de proyecto y construcción de piezas, de manera que en poco tiempo se habrá podido proyectar una pieza, se la habrá sometido, por simulación, a diferentes esfuerzos mecánicos y térmicos, y se habrá podido construirla de acuerdo con los planos y esfuerzos previstos.

SISTEMAS DE PESAJE ELECTRONICOS PARA LA INDUSTRIA

En muchos procesos industriales, el control del peso y la dosificación de los materiales utilizados son factores de sumo interés. Las industrias químicas, alimentarias, empaquetadoras, envasadoras, metalúrgicas, etc. precisan, en un punto u otro de sus procesos, realizar pesajes.

Las técnicas para medir el peso han adoptado diversas fórmulas ya desde muy antiguo, pero no es de las clásicas balanzas de brazos equilibrados o de las de resorte de las que va a ocuparse este apartado, sino de las *balanzas electrónicas.*



Osciloscopio de la firma National que incorpora un buen número de avances de la microelectrónica. El alcance del instrumento es útil hasta 40 MHz. El diseñador de dispositivos o sistemas industriales, precisa utilizar este y otros aparatos de medida.

En los sistemas de pesaje electrónico hay que distinguir dos partes claramente diferenciadas, el captador de pesada y el sistema de medida. El *captador de pesada* es el elemento responsable de convertir la magnitud física, *peso* o *fuerza*, en una magnitud eléctrica. El sistema de medida es el responsable de procesar la señal eléctrica que proviene del captador y representar, de forma inteligible para el hombre, el valor que alcanza la magnitud medida.

Los captadores de pesada son *transductores* sensibles a la deformación mecánica de dicho captador. Esta deformación es la que se produce al ser sometido a esfuerzo (por el peso del material que se pretende pesar) el captador de pesada. Hay que hacer notar que hay captadores de pesada sensibles a pesos mínimos, incluso de fracciones de gramo, por lo que el lector deberá tener en cuenta que todo lo expuesto en este apartado es válido también para la medida y dosificación de pesos muy pequeños (figura 28).

En los usos industriales, se han establecido como niveles de prestación de los sistemas de pesaje, las denominadas precisiones ordinaria y media, que suelen tener un margen de error posible menor del 2 % en el primer caso y del 1 % en el segundo, dependiendo del fondo de escala y de la zona de actuación que le corresponda.

Para medidores de laboratorio se alcanzan, obviamente precisiones de medida muy superiores.

Los captadores de pesada, según sea la *deformación por compresión* o *por extensión* serán, para el primer caso, de tipo magnetoelástico, piezorresistivo, inductivo, capacitivo, piezoeléctrico, etc. y de tipo extensométrico en el segundo.

Por su funcionamiento y principios electromecánicos, los captadores de pesada pueden inducir a errores, cuya caracterología es bien conocida, así tenemos errores de falta de linealidad, debidos al diferente comportamiento del captador en distintos márgenes de esfuerzo; errores de cero o de sensibilidad, debidos principalmente a aspectos mecánicos o térmicos que puedan afectar al captador de pesada en zonas próximas al equilibrio sin carga; errores de histéresis o sea, errores debidos al distinto comportamiento del captador cuando los esfuerzos son de menos a más o de más a menos. Existen otros defectos mucho más específicos de cada tipo de captador pero no se citan por considerarlos fuera de los objetivos de esta obra.

Los sistemas de medida, al igual que los captadores de pesada, han evolucionado enormemente con la aplicación de la Electrónica. Como en la mayor parte de los instrumentos electrónicos de medida, es propio hacer la división general en analógicos y digitales. El lector debe recordar en este punto las ventajas e inconvenientes relativos de un sistema analógico frente a uno digital expuestos en apartados anteriores, pero hay que tener en cuenta que la rápida evolución de la tecnología de los captadores, ofreciendo

respuestas muy rápidas a los esfuerzos y, sobre todo, las posibilidades de procesamiento de la información digital, permitiendo incluir sencillos pero eficaces calculadores para el desarrollo de funciones complementarias a las propias de pesaje, ha hecho que los sistemas de medida digitales para pesadas hayan desbancado a los sistemas analógicos.



Analizador lógico para dispositivos que incorporan microprocesadores, con posibilidad de 32 canales y hasta 20 MHz. Se trata de otro de los modernos instrumentos que las nuevas tecnologías microelectrónicas hacen imprescindibles en todo laboratorio de diseño electrónico. (Cortesía: National).

Los procedimientos más usados en los aparatos de medida analógicos para sistemas de pesaje están basados en *puentes equilibrados* en los que uno o varios de sus brazos están constituidos por el captador de pesada, de forma que cualquier desviación del equilibrio proporciona la señal necesaria para el gobierno del instrumento analógico. Una

escala convenientemente graduada, sobre la que se desplaza la aguja, sirve de indicador del valor de pesada (figura 31).

Sistemas de diversa complejidad permiten el correcto *tarado* del medidor y su *ajuste de cero*, es decir, la indicación de cero en ausencia de masa. El *ajuste del fondo de escala* es también de gran importancia para mantener la precisión de la pesada dentro de los márgenes tolerables.

Los sistemas digitales, aunque son más complejos, son generalmente más precisos y, sobre todo, tal como se ha dicho antes, permiten el procesamiento de la información de la pesada, sea para efectuar impresiones o registros de dicha información, para efectuar cálculos, para controlar procesos, etc., siempre con un grado de precisión y fiabilidad mayor que en el caso de los aparatos de pesaje analógicos.

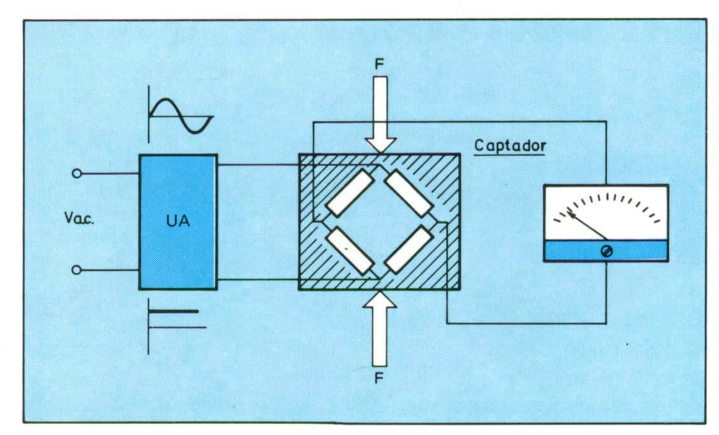


Figura 31. Diagrama de bloques del modo de aplicación de un captador de fuerza alimentado con tensión alterna; UA = unidad de alimentación con salida rectificada y regulada.

Los sistemas de medida de pesos del tipo digital, están basados en la utilización de un *convertidor analógico/digital* (convertidor A/D), dispositivo responsable de convertir una señal analógica en una magnitud digital proporcional a la magnitud analógica aplicada a la entrada. La magnitud analógica de entrada usada para su transformación digital es, generalmente, la tensión eléctrica, la cual, además de su facilidad de distribución, añade la posibilidad de adaptar fácilmente las entradas con simples divisores de tensión, ya que su impedancia de entrada es altísima.

La codificación digital de salida puede seguir el *código binario natural, BCD, octal, hexadecimal*, etc., en función de su conveniencia operativa. En la actualidad, los sistemas de pesaje no se reducen a proporcionar la indicación del valor de medida, sino que ofrecen posibilidades mucho más amplias. En realidad cada uno de los sistemas de pesada es un sistema integrado con muchas aplicaciones, además está constituido por los captadores de pesada, bloques funcionales que permiten la disponibilidad digital de la información para su procesamiento por ordenador, registro en impresoras de los valores de pesada, control de actuadores de dosificación para efectuar mezclas en procesos complejos, etc.



Instrumento generador de impulsos. Como muestra la fotografía, su aplicación resulta útil en el diseño y ajuste de la circuitería electrónica avanzada.

Mediante estos sistemas, se pueden realizar muy fácilmente funciones de tarado, introduciendo los datos de la tara previamente, con lo que éstos se despreciarán en cada

medida (sistema usado para separar el peso de recipiente frente al contenido); mezclado, controlando los actuadores de las diferentes tolvas de alimentación en función del programa de llenado, etc.

Como el lector habrá podido comprobar a medida que ha avanzado en la lectura de este apartado, una de las razones fundamentales de la digitalización de la información en los sistemas de pesaje y dosificación es la posibilidad de procesar mediante un ordenador esta información y con ello obtener aplicaciones mucho más complejas incluso que las que se han ido exponiendo.

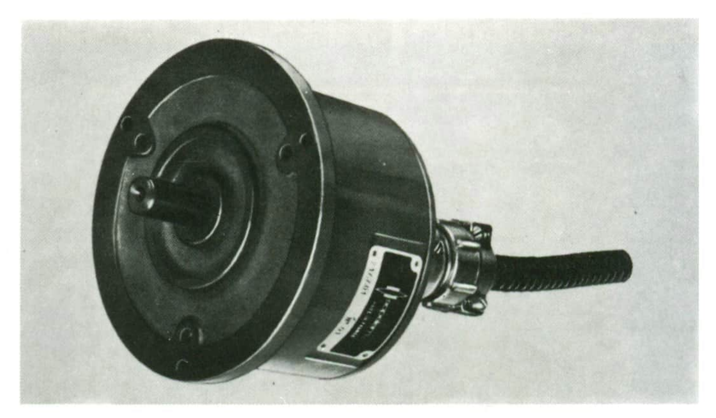


Figura 33. Generadores tacométricos como el de la fotografía, se adaptan a los rodillos de arrastre de las básculas de cinta, y permiten corregir el error de medida que se produce al efectuar la pesada continua.

Antes de finalizar este apartado es imprescindible hacer mención de los sistemas de pesaje de cinta, que se distinguen de los sistemas estáticos a los que nos hemos referido hasta ahora, en que los materiales que se pesan no se encuentran fijos sino que se desplazan por las cintas transportadoras. La ventaja que los sistemas de pesada dinámicos aportan frente a los sistemas estáticos consiste en que, en un proceso determinado, no se requiere detener el material ni un instante para efectuar la pesada que se desea. Es evidente que un sistema de pesaje de estas características habrá de tener medidas correctoras que consideren las influencias exteriores debidas al desplazamiento de los materiales que se pretenden pesar. El peso que se pretende medir, como se ha dicho, no se concentra en el recipiente o

plataforma de medida, sino que se desplaza sobre la cinta portadora y ésta descansa sobre los rodillos de arrastre, que son los verdaderos elementos sensores sobre los que descansa el peso. Evidentemente el factor velocidad de la cinta, con su componente de tensión sobre los rodillos de arrastre, debe de ser tenido en cuenta por el sistema de medida para no inducir a errores.

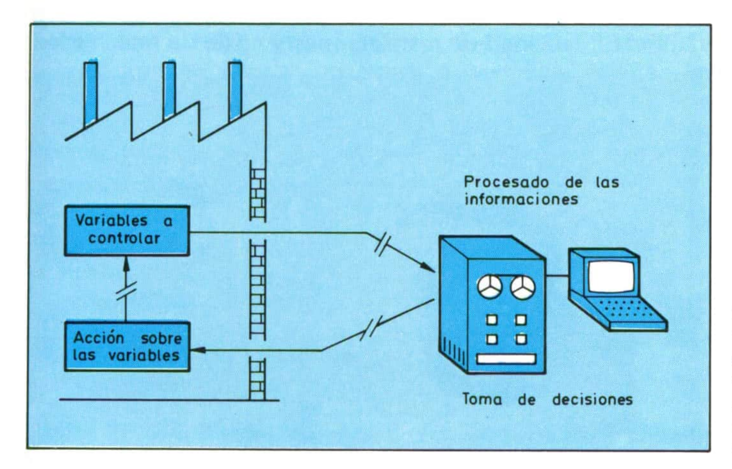


Figura 34. Los centros de control de un proceso pueden estar a gran distancia de donde tienen lugar las operaciones. Esta técnica se denomina telecontrol.

El elemento que proporciona una señal, que puede ser procesada adecuadamente, es un *generador tacométrico* (figura 33). Esta señal es proporcional a la velocidad de desplazamiento de la cinta, generalmente es una tensión eléctrica que será enviada, como señal correctora, al instrumento de medida del aparato de pesaje. Un sistema calculador debidamente programado, procesa las señales de la velocidad de cinta con las de pesada captadas por los rodillos, proporcionando el valor correcto de la medida.

TELECONTROL INDUSTRIAL

En los sistemas electrónicos aplicados a la industria, ocurre frecuentemente que los puntos de medida, de control y de regulación, no pueden estar, por diferentes razones, próximos a los puntos de representación o mando de los que

el hombre debe disponer. Esta problemática es la precursora de una nueva técnica en el ámbito de la Electrónica Industrial, esto es: *el telecontrol,* también llamado *mando a distancia* o *telemando.*

El diagrama de bloques adjunto expresa la problemática de acción o mando a distancia (figura 34).

El envío de información a distancia puede hacerse, evidentemente, de muy diversas formas, mecánicas, neumáticas, hidráulicas, eléctricas, etc., pero es evidente que por su seguridad, facilidad de instalaciones y coste, la transmisión de señales eléctricas a distancia. es con mucho, la más conveniente. Además, la posibilidad de procesar directamente las señales eléctricas mediante sistemas electrónicos permite efectuar operaciones muy complejas con un volumen y coste muy reducido, consolidando, si cabe aún más, la anterior valoración (figura 35).

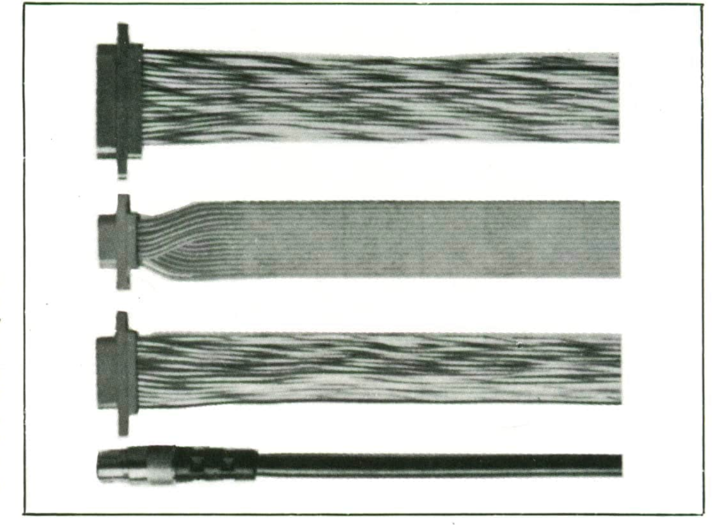


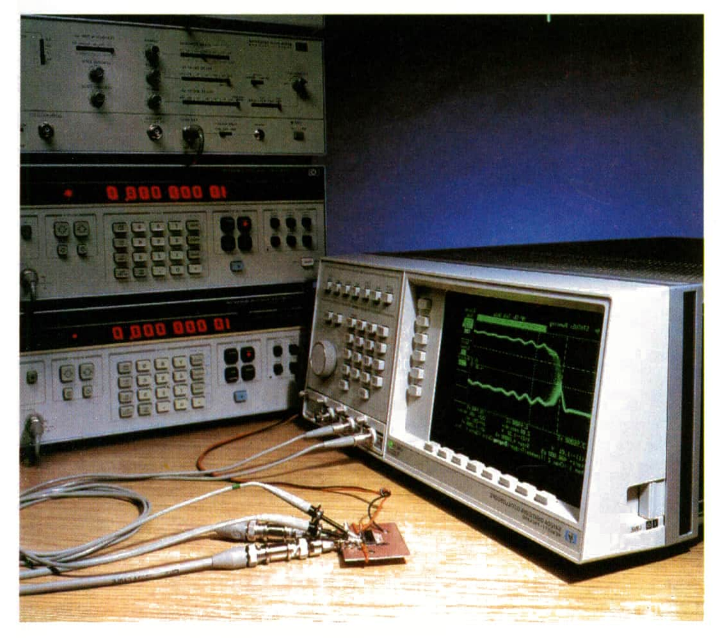
Figura 35. Los soportes físicos por donde circulan las señales de telecontrol industrial son de vital importancia para la transmisión de señales a distancia. Detalle de conductores multifilares planos, trenzados y cilíndricos, con conectores terminales.

Otros tipos de sistemas de telemando industrial son por transmisión inalámbrica, es decir, sin hilos, ya sea por radiofrecuencia, infrarrojos etc.

Un sistema de telemando está constituido por tres grandes bloques:

El centro emisor que, con la toma de datos correspondientes al propio proceso y otros exteriores que puedan llegarle, emite las señales de mando correspondientes.

El sistema de distribución, que serán los cables eléctricos más o menos especializados, fibras ópticas y, en general, todo medio capaz de transportar señales electromagnéticas. En el caso de que estas señales sean enviadas por procedimientos inalámbricos, el mismo espacio constituye el sistema de distribución.



Osciloscopio digital de Hewlett Packard. Se observan las puntas de prueba preparadas para efectuar mediciones sobre terminales de componentes. Estos instrumentos son prácticamente imprescindibles en Electrónica Industrial, especialmente en un laboratorio de diseño e investigación.

El centro receptor, que está constituido por los elementos que interpretan y entienden las señales recibidas, proporcionando las órdenes oportunas para que se ejecuten las acciones de mando ordenadas por el centro emisor.

En los sistemas de telemando industrial, el factor distancia entre los centros emisor y receptor define por sí mismo, el tipo de sistema de distribución a utilizar la mayoría de las veces. Ello lleva consigo una división de los sistemas de telemando entre puntos próximos y muy alejados. En los

primeros parecerá conveniente la utilización de sistemas de distribución físicos, eso es, cables eléctricos, etc., mientras que en el segundo caso, los sistemas por radiofrecuencia, serán los preferidos, aunque no siempre.

Los sistemas de telemando a cortas distancias suelen usar como señal a transmitir a través del sistema de distribución la tensión, la intensidad, la frecuencia, los trenes de impulsos conformados o codificados, etc. En todos los casos, debido a que las distancias no son muy grandes, bastará como precaución el que los cables sean apantallados o en caso necesario, disponer de unidades intermedias amplificadoras. Estas últimas podrán ir alimentadas a través de los mismos conductores de señal u otros paralelos.

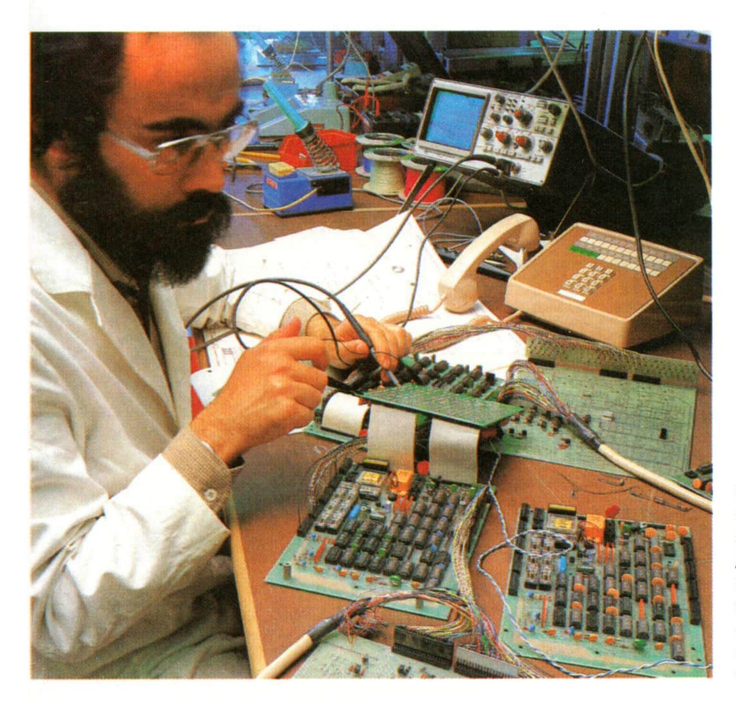


Montaje para la ejecución de medidas sobre una pequeña lámpara de descarga de sodio. El examen con el espectroscopio a láser, contribuye a un mejor conocimiento del funcionamiento de la lámpara para aumentar su rendimiento luminoso.

Los sistemas de transmisión de trenes de impulsos digitales debidamente conformados se utilizan cada vez más, ya que permiten la inclusión de códigos y sistemas

detectores de error, con lo que la seguridad de la correcta transmisión de la información es casi total.

No va a insistirse más en lo que a transmisión de órdenes a corta distancia se refiere, ya que la complejidad tecnológica se circunscribe a la elección de un medio tal que permita interconectar emisor y receptor de forma segura, evitándose mediante apantallamientos o filtros las posibles interferencias que podrían provenir del medio exterior.



La investigación en el campo de la electrónica, exige técnicos muy preparados que sean capaces de conocer las amplias posibilidades que brinda el instrumental de que se dispone en la actualidad.

En lo que respecta al *telecontrol* a gran distancia, es de vital importancia, por su coste, fiabilidad y operatividad, la elección adecuada del sistema de distribución.

En este punto nace la primera incógnita: ¿Conviene utilizar líneas de distribución ya existentes, adecuando por ello emisor y receptor, o bien construir sistemas de distribución específicos a las necesidades que se presenten?

Evidentemente el factor primordial a considerar, caso de que pudiera aprovecharse alguna instalación de las ya

existentes, es el del coste, aunque a veces, la propia compatibilidad tecnológica de las señales de emisor o receptor ya define el medio.

En cuanto a instalaciones ya existentes, suelen usarse las líneas de comunicación o telefonía disponibles en cada zona, la mayoría de las veces propiedad de las correspondientes administraciones. Evidentemente la adaptación de

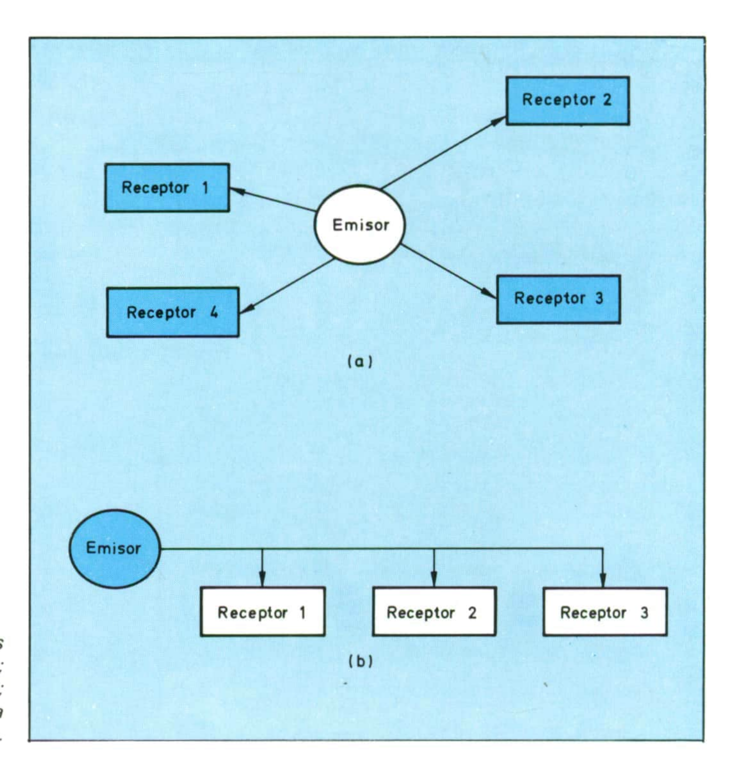


Figura 39. Diferentes sistemas de distribución; a) radial en estrella; b) radial por una sola línea.

emisor y receptor al sistema deberá ser total, y sin posibilidad de que interfiera los servicios ya existentes. Habitualmente deberá pagarse una cantidad a modo de canon para el uso de tal sistema de distribución. En estas líneas, los sistemas codificados son los preferidos por todos los procedimientos de detección, error y personalización que permiten este tipo de procedimientos.

En el telemando inalámbrico, las bandas más usadas para usos industriales suelen ser las VHF (Very High Frequency, muy alta frecuencia) o UHF (Ultra High Frequency, ultra alta frecuencia), aunque estas bandas dependen de los paquetes ya utilizados en cada país o en cada una de las regiones.

Los sistemas que utilizan radiofrecuencia, normalmente lo hacen en frecuencia modulada (FM) para mayor seguridad.

Llegado a este punto, es conveniente considerar las diversas estructuras que puede tener un sistema integrado de telemando industrial. Hasta ahora se han tratado los problemas de emisión de las señales, su distribución a través de un único canal de transmisión y su recepción; pero no se ha tratado la problemática de redes de telemando, las cuales partiendo de unidades centrales de emisión de información, permiten la distribución de órdenes a diversos receptores para que ellos las ejecuten sobre los procesos industriales que se pretende telecontrolar.

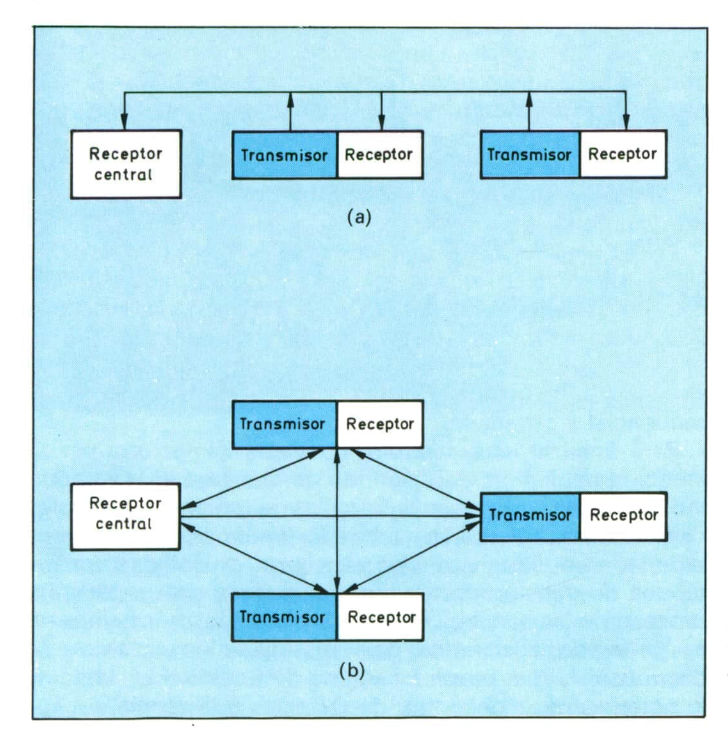


Figura 40. a) Sistema simplex de distribución por una línea; b) Sistema simplex por varias líneas.

Es conveniente poner en conocimiento del lector que el estudio de la problemática de las redes de distribución, constituye una técnica con una muy profunda base matemática que evidentemente no se va a desarrollar en este libro. Se pretende, sin embargo, aunque sólo sea de modo esquemático, dar a conocer la problemática misma y las soluciones que en los sistemas de telemando industrial se aplican hasta la fecha.

Los sistemas de transmisión en una unidad de telemando pueden ser según su estructura:

a) *radiales*, ya sea en estrella o en paralelo.
b) *símplex*, por una sola o varias líneas.
c) *múltiplex*, ya sea en tiempo o en frecuencia.

Los sistemas de transmisión radiales consisten en que un sistema emisor envía señales a todos los sistemas receptores ubicados aleatoriamente en los puntos de control del proceso.

En los sistemas de transmisión símplex, una estación central receptora recibe las informaciones de los diferentes emisores. Las señales son recibidas en todas las unidades receptoras individuales, de forma que éstas no puedan transmitir información mientras lo hace el emisor correspondiente. Deben disponerse circuitos de espera de forma que las transmisiones de todos los emisores de la red se realicen ordenadamente. En las figuras 39 y 40 se pueden observar las estructuras con una o varias líneas.

En los sistemas de transmisión múltiplex, pueden enviarse varias informaciones a través de la misma red. Los sistemas de multiplexado pueden coexistir en el tiempo, de forma que se distribuyan las bandas transmisibles en diferentes canales o en frecuencia, de manera que una secuencia base permita el acceso a la línea de cada uno de los emisores de forma secuencial y ordenada.

Para finalizar este capítulo, conviene llamar otra vez la atención del lector, en el sentido de que para el telemando industrial cada vez es más frecuente el empleo de señales digitales. Estas permiten manipular sistemas de proceso u ordenadores complejos con una gran flexibilidad en los modos de transmisión, ya que los propios ordenadores de proceso de las señales permiten secuenciar los sistemas de multiplexado adecuados para optimizar los sistemas de distribución y los propios tiempos de transmisión, factores importantes para el control de procesos a distancia.

SISTEMAS ELECTRONICOS AUTOMATICOS DE PRUEBA

En los procesos industriales, sea cual sea su problemática, generalmente se exige disponer de puntos para realizar algún tipo de ensayo o prueba que permita determinar si el proceso está resultando satisfactorio. Esto suele realizarse verificando y probando las unidades salidas del proceso de producción con arreglo a las especificaciones establecidas, distinguiendo si las unidades que se obtienen son o no correctas.



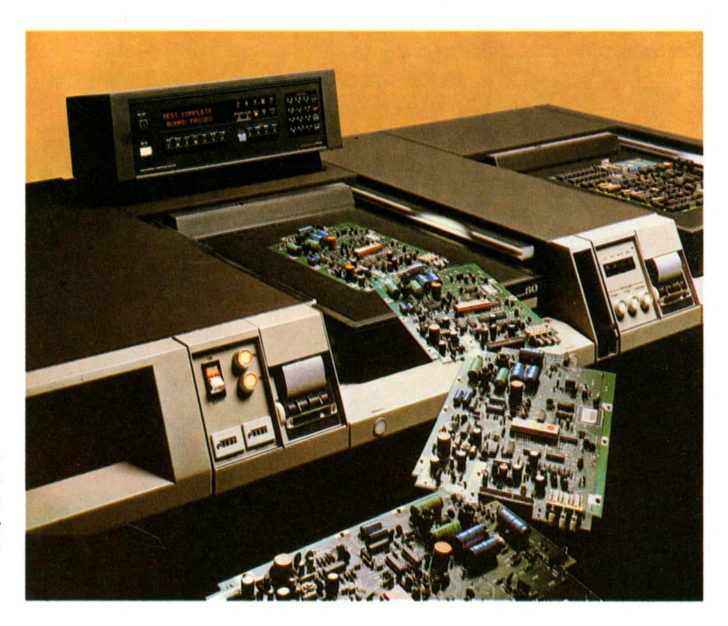
Sistema automático de detección de fallos de componentes.
La operadora identifica, por contacto con la sonda, el componente defectuoso al cambiar la coloración de éste en la pantalla. (Cortesía: Marconi).

Ante esta problemática, la Electrónica ha aportado a la industria innumerables soluciones que han permitido, con un elevado índice de fiabilidad, determinar automáticamente y sin error, si el resultado del proceso está dentro de las especificaciones prefijadas.

Hay que aclarar que este apartado se refiere a los sistemas de «test» que se efectúan, a los productos resultantes del proceso de producción, y no al control en sí del proceso, aunque en algunos casos, las posibles derivas constatadas

en la verificación del producto acabado, permitan tomar medidas sobre el propio control del proceso.

El concepto de automatismo referido al test, tiene sentido, únicamente, si puede desarrollarse una secuencia de pruebas de manera automática previa programación; a la vez el propio sistema debe ser capaz de indicar si la unidad inspeccionada es o no correcta y, en este caso, cuál es el parámetro defectuoso.



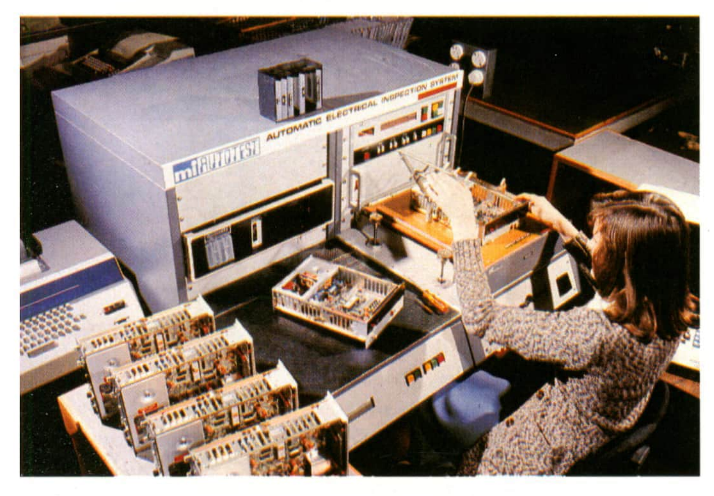
Sistema automático de test o verificación de circuitos impresos equipado con dos estaciones de trabajo simultáneo. (Cortesía: Marconi).

En algunos casos el nivel de sofisticación de estos sistemas alcanza tal complejidad que es capaz de manipular las unidades a inspeccionar durante todo el período de prueba reduciendo la actividad humana tan solo a la alimentación del sistema, con unidades para su prueba, a recoger el resultado al final del test y a la decisión en la salida de la unidad de prueba. Un ejemplo ilustrará mejor el conjunto de ideas que se han expuesto hasta ahora en este apartado.

Imagínese que se pretende verificar un circuito integrado suponiendo que éste debe ser comprobado por procedi-

mientos clásicos, no automáticos. En este caso, se prepararía un zócalo que permitiera insertar el componente con facilidad, y se adecuaría un sistema específico de prueba debidamente conexionado. Si los terminales 7 y 14 de dicho circuito integrado fueran, por ejemplo, los de alimentación, deberían conectarse al zócalo las alimentaciones precisas para que el componente funcionara. Posteriormente, según sus características, deberían aplicarse las señales precisas a los terminales correspondientes para comprobar si el funcionamiento del dispositivo es o no correcto, midiendo en sus salidas.

También se debería comprobar si los valores de las magnitudes que proporcionara el circuito integrado estaban dentro de las especificaciones prescritas y, si procediera, modificar las condiciones ambientales por calentamiento o enfriamiento, para comprobar si el componente seguía funcionando en las condiciones límites prefijadas.



Sistema automático computarizado para la prueba de circuitos montados en placas, en un proceso seriado de fabricación.

Evidentemente, una sencilla reflexión sobre la complejidad de un procedimiento como el referido, habrá hecho comprender el elevadísimo coste y complejidad, así como la baja fiabilidad, que ofrece un procedimiento como el propuesto. Está claro que las cosas no deben hacerse así, y, en realidad, así no se hacen.

En la actualidad existen complejísimos sistemas programables, que desde la propia manipulación de los circuitos integrados y la realización de todos los test estáticos, dinámicos y funcionales (más adelante se profundiza en estos conceptos), así como la adecuación de condiciones ambientales, prescritas en el procedimiento de medida, permiten dictaminar si los componentes probados son o no correctos (figuras de las páginas 53, 54 y 55).

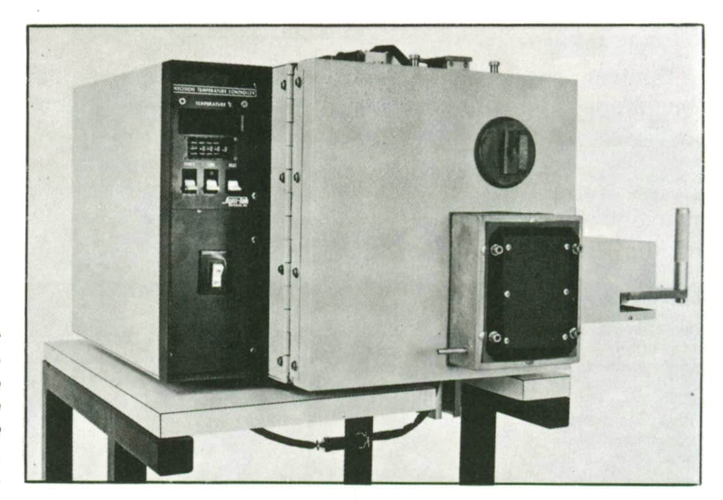


Figura 44. Sistema de test automático que incorpora una cámara provista de termostato con preselección digital de temperatura. (Cortesía: Sym-Tek).

Las ventajas de la verificación automática frente a la convencional son, principalmente, las siguientes:

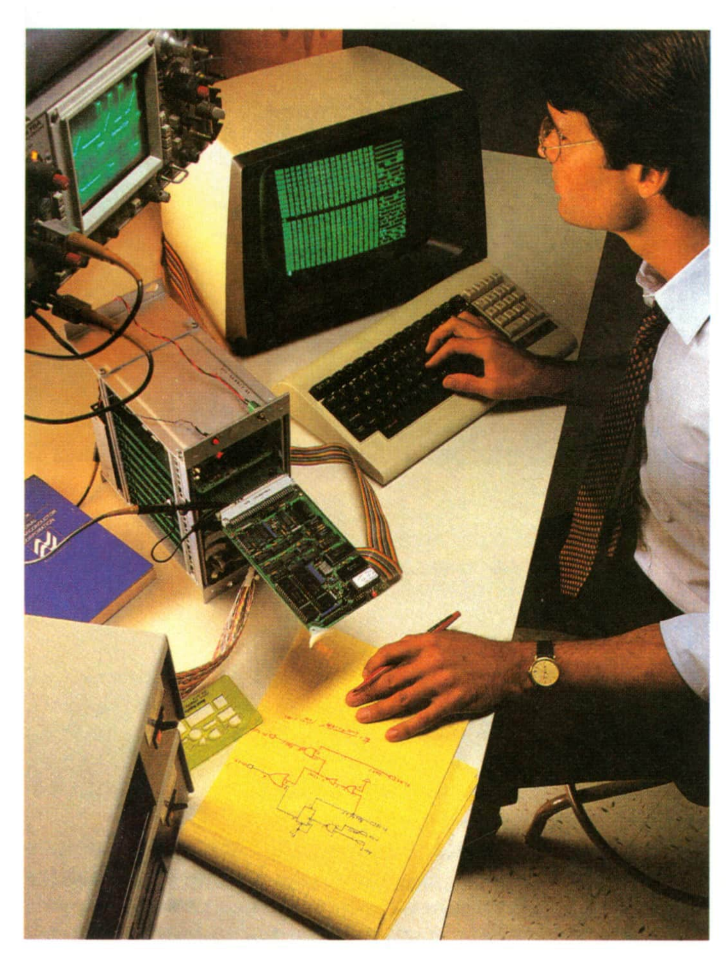
1) Tener la seguridad de que las especificaciones de prueba se mantienen a lo largo del tiempo.
2) Localizar la causa de cada fallo y poder percibir los circuitos defectuosos de entre la totalidad y, de una forma automática, cuáles presentan la misma caracterología de defectos.
3) Mantener una total regularidad en las condiciones de medida.
4) Minimizar los costes, habida cuenta el elevado índice de productividad y eficiencia de los sistemas de test.
5) Disponer de una gran flexibilidad para cambiar el tipo de test a efectuar según las necesidades, etc.

Curiosamente, pero no por casualidad, los sistemas

automáticos de test que más se han desarrollado en los últimos años son los que se han aplicado a la propia industria electrónica ya sea de componentes, secciones de equipos, principalmente placas de circuitos impresos ya montados, o equipos completos.

Por su especialidad y alto grado de tecnificación va a dedicarse el resto de este apartado al estudio de los sistemas automáticos de test aplicados a la industria electrónica.

En lo que se refiere a los sistemas automáticos de



Las mediciones en los prototipos resultan muy eficientes empleando sistemas automáticos de prueba mediante computadores.

componentes, que son los más sofisticados, cabe distinguir tres partes:

El manipulador (*handler*, en denominación anglosajona), que permite manejar los componentes automáticamente insertándolos en la unidad de test y, una vez efectuado éste, conducirlos por la salida correspondiente a los componentes correctos o defectuosos, según corresponda y según el tipo de defecto encontrado.



La información leída por un osciloscopio puede procesarse por medio de un computador, de este modo pueden representarse de forma gráfica o en pantalla las magnitudes físicas leídas. (Cortesía: Hewlett Packard).

El sistema de test, responsable de inyectar las señales eléctricas adecuadas, recoger las salidas para efectuar las mediciones correspondientes, proporcionar las alimentaciones precisas para efectuar los test en distintas condiciones límites, etc.

El calculador, que procesa las señales digitales, previa conversión de las que le envía el sistema de medida, comparando los valores obtenidos con los correspondientes del test prescrito y ordenando al canal de salida que le corresponda, según que el componente sea defectuoso o correcto, y el tipo de defecto encontrado.

Estos sistemas llevan incorporada habitualmente una unidad de impresión, de forma que se pueden listar los parámetros del componente probado, así como los prescritos como especificación, de manera que se puede tener a la

vista el resultado, paso a paso, del test aplicado a cada uno de los componentes de forma individual.

Es también frecuente que el propio manipulador incorpore una cámara climática de forma que, con el debido tiempo de espera, los componentes puedan ser probados en distintas condiciones ambientales (figura 44).

EL ORDENADOR EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES

De hecho, habrá podido comprobarse, a medida que se van desgranando los distintos capítulos de esta Enciclopedia, que la evolución natural de los sistemas electrónicos para el control de los procesos industriales tiende hacia los *sistemas programables*, cuya complejidad y potencia deberán estar acordes con las necesidades presentes y futuras que al industrial se le puedan presentar.



Telemicroanálisis por rayos X. Este sistema es capaz de medir, almacenar, analizar, presentar en pantalla y tratar las señales electrónicas y de rayos X producidas por microscopios electrónicos de exploración. Permite a los investigadores efectuar análisis en circuitos, en metalurgia y en otras aplicaciones. (Cortesía: Link Systems Ltd.)

El control de procesos por ordenador, permite unificar en un solo sistema todas las necesidades que puedan plantearse para controlar los procesos correspondientes. Permite, además, una operativa multifuncional, de forma que pueden

manejarse simultáneamente entradas y salidas de varios procesos distintos. Los sistemas de control mediante ordenadores, hacen posible que puedan tomarse decisiones y mantener iniciativas en función de los datos que reciben del proceso y del programa de actuación de que disponen.

Hablar de ordenador, aunque sea aplicado al control de procesos industriales, que es el aspecto en que se ocupa este apartado, exige tratar, aunque sea someramente, el concepto Informática.

> *Se entenderá por Informática de Control de Procesos la utilización de un ordenador conectado a un proceso real, en el que no todas las variables, ya sean entradas o salidas, pueden ser utilizadas por el hombre. El ordenador procesa todas estas variables y envía las órdenes correspondientes para mantener el proceso bajo control.*

Los ordenadores usados para el control de procesos son, estructuralmente, muy distintos a los ordenadores de gestión para usos administrativos, tanto en lo que a su estructura circuital y de memoria se refieren, (*hardware*), como a los sistemas y *lenguajes de programación* (*software*).

Los ordenadores, gracias a sus características intrínsecas de memorizar, calcular y decidir, pueden ejecutar, en principio, cualquier función que sea realizada por otro instrumento, y sustituir muy ventajosamente al hombre en cualquier función de alerta o vigilancia. El hecho de que el ordenador, por su propia estructura, concentre todas las actividades de control de procesos, hace que sea considerado como el sustituto de las cabinas de control, donde eran centralizadas en grandes consolas o paneles todas las actividades y medidas del proceso industrial en cuestión. Las ventajas que sin embargo aporta el ordenador frente a las cabinas o consolas de control son evidentes: en los ordenadores la información puede almacenarse fácilmente, manteniendo completamente la precisión de la medida en una amplia gama de soportes, discos, cintas, cassettes, fichas, etc. Además, esta información almacenada es de uso muy sencillo. Con los ordenadores, como se ha dicho, pueden efectuarse cálculos complejos con los valores de las magnitudes medidas. Los valores de las magnitudes que

constituyen puntos de alerta, pueden modificarse fácilmente, sin interferir el proceso, la información digitalizada puede transmitirse fácilmente, incluso a larga distancia si es preciso.

Evidentemente, ninguna de estas ventajas le es propia a la estructura centralizada de las cabinas de control industrial.

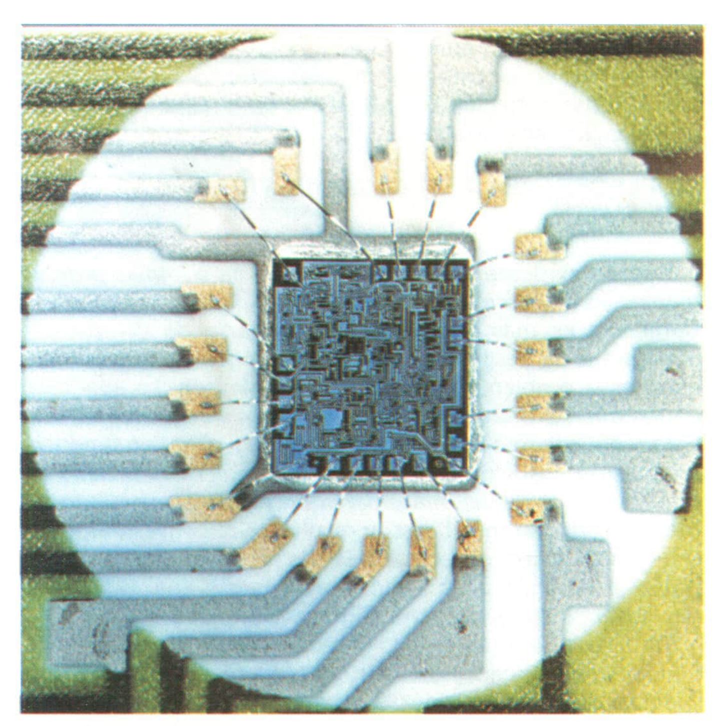


Figura 48. La alta densidad de integración de los componentes LSI y VLSI, así como la realización de componentes híbridos bajo demanda, son parte importante del próximo futuro de los aparatos electrónicos para usos industriales.

Otra ventaja importante de controlar los procesos industriales mediante ordenador, lo constituye el hecho de que, por medio de terminales pueden obtenerse puestos de mando totalmente descentralizados, revertiendo asimismo en ellos toda la información del proceso. Cualquier responsable u operador autorizado, si conviene, tendrá acceso al conocimiento puntual y exacto del proceso industrial y podrá incidir sobre él.

Algunas firmas especializadas han desarrollado, partiendo

del hardware de sus ordenadores convencionales, paquetes software especializados para control de procesos industriales, proporcionando a los usuarios las referencias de los sistemas de instrumentación necesarios para el desarrollo de los procedimientos específicos que permitan mantener los procesos bajo control. Estos sistemas mixtos, aunque a priori puedan parecer menos convenientes y especializados, pueden ser más interesantes en la práctica, ya que las inversiones podrán amortizarse, cuando así se requiera, no únicamente en el campo industrial, sino incluso en el de aplicaciones sencillas de gestión u otras propias de cada organización empresarial.

LA ELECTRONICA EN LA INDUSTRIA DEL FUTURO

Resulta evidente que la proliferación de *sistemas programables* en la Electrónica Industrial es un hecho indiscutible. Cada vez es más frecuente que, a partir de un sistema inteligente, se desarrolle el software específico que permita resolver el problema concreto que se plantee. La aparición de los *microprocesadores* y los circuitos integrados de *alta escala de integración* (Large Scale Integration, en lenguaje anglosajón, LSI) favorecen esta tendencia, en el sentido de que los costes de los *miniordenadores* y *sistemas inteligentes* son cada vez más bajos, y resultan altamente competitivos frente a los sistemas clásicos y poco flexibles que tradicionalmente han venido resolviendo los problemas electrónicos en la industria (figura 48).

En el terreno de la instrumentación, cada vez será menos frecuente el concepto de instrumento especializado en una función concreta, adaptándose a cada necesidad los potentes y flexibles sistemas polivalentes programables, que pueden conectarse a ordenadores cada vez más baratos y efectivos que constituirán el verdadero cerebro del control de todo proceso industrial.

El futuro de la Electrónica en la industria es pues enorme en el tiempo y en el espacio, y no se prevé que la crisis económica que se vive actualmente pueda ralentizar un crecimiento que está más que asegurado.

Con la Electrónica Industrial, el hombre producirá más y mejor, con menor esfuerzo y menor riesgo, utilizando además una energía limpia, silenciosa y no contaminante.

